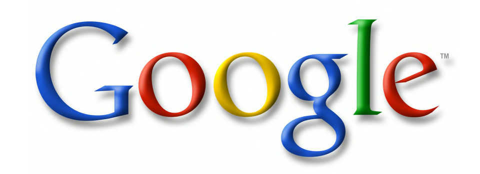
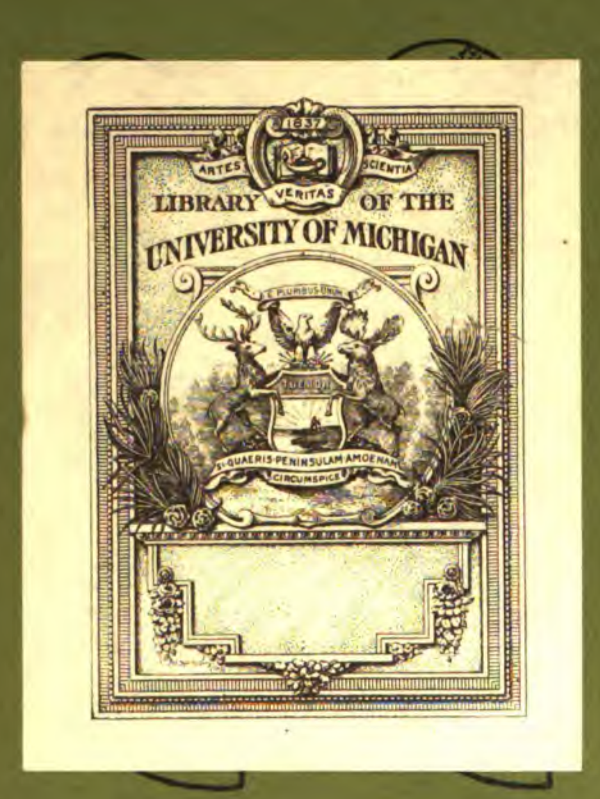


# Handbuch der Forstwissenschaft

Dritte Auflage

1




1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE











Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung
in Tübingen.







# Inhaltsübersicht.

# Handbuch der Forstwissenschaft

begründet von Professor Dr. Tuisko Lorey

Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage

in Verbindung mit

Professor Dr. J. Ritter von Bauer in Wien (Ausgabe B) — Professor R. Beck in Tharandt — Professor Dr. W. Borgmann in Tharandt — Professor Dr. Büsgen in Hann.-Münden — Gerichtsrat Professor Dr. K. Dickel in Berlin (Ausgabe A) — Forstamtmann Dr. V. Dieterich in Tübingen — Professor Dr. K. Eckstein in Eberswalde — Professor Dr. M. Endres in München — Geh. Hofrat Professor Dr. C. Fromme in Gießen — Forstdirektor a. D. Dr. H. von Fürst in Aschaffenburg — Hofrat Professor Dr. A. Ritter von Guttenberg in Wien — Professor Dr. H. Hausrath in Karlsruhe — Professor Dr. M. Helbig in Karlsruhe — Forstmeister Dr. G. Janka in Mariabrunn — Geh. Hofrat Professor Dr. L. Klein in Karlsruhe — Professor Dr. U. Müller in Karlsruhe — Rittergutsbesitzer H. von Salisch in Postel — Dozent Dr. J. Schmidt in Wien — Geh. Regierungsrat Professor Dr. A. Schwappach in Eberswalde — Ministerialrat Professor F. Wang in Wien — Regierungsdirektor Dr. L. Wappes in Speyer — Professor Dr. H. Weber in Gießen

herausgegeben von


Dr. Christof Wagner,

o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Tübingen.


In vier Bänden.

## Erster Band.

## Forstwissenschaft und Forstwirtschaft im Allgemeinen, Standortslehre, Forstbotanik, Forstzoologie.

Mit 501 Abbildungen im Text.


Tübingen

Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung

1913.




# Forstwissenschaft und Forstwirtschaft
## im Allgemeinen,
# Standortslehre, Forstbotanik, Forstzoologie.

In Verbindung mit

L. Wappes, H. Weber, M. Helbig,
L. Klein, K. Eckstein

herausgegeben

von

Christof Wagner.

Mit 501 Abbildungen im Text.

Tübingen
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung
1913.

Druck von H. Laupp jr in Tübingen.

# Vorwort zur ersten Auflage.

Indem man sich zur Herausgabe unseres Handbuchs entschlossen hat, wollte man — inmitten der überaus reichen Spezialliteratur, welche auf den Gebieten fast aller forstlichen Disziplinen erstanden ist — in systematischer Anordnung eine kurze, gedrängte, den heutigen Stand unseres Wissens knapp zusammenfassende Darstellung der ganzen Forstwissenschaft geben, um damit gewissermaßen einen Ruhepunkt zu schaffen, an dem man sich sammeln und von dem aus man eine orientierende Umschau halten könnte, bevor man zu fernerer Arbeit weiterschreitet. Viele Stimmen haben inzwischen die Berechtigung eines solchen Unternehmens anerkannt; denn sehr viele schon und insbesondere viele Männer der forstlichen Praxis haben es schmerzlich empfunden, daß infolge der regen Tätigkeit, die überall in der forstlichen Wirtschaft und Wissenschaft mit teilweise fieberhafter Hast entfaltet wird, dem einzelnen, der sich mitten in dieses Treiben hineingestellt sieht, aller Ueberblick verloren zu gehen droht. Diesem Mißstande vor allem möchte das Handbuch zu seinem Teil abhelfen, indem es in kritischer Sichtung das Wesentliche dessen bietet, was bisher geleistet worden ist. Ausführliche Literaturangaben wollen überall die Möglichkeit eingehenderer Studien vermitteln.

Zugleich soll, so hofft man, das Buch auch der studierenden Jugend willkommen sein. Ohne alle Spezialwerke entbehrlich zu machen, dürfte es doch gerade wegen seines verhältnismäßig geringen Umfanges ein brauchbarer Leitfaden beim Studium sein; manche der darin behandelten Gegenstände sind überdies in neuerer Zeit nicht in besonderer Bearbeitung durchgebildet worden.

Endlich dürften auch Landwirte, vorab Großgrundbesitzer, welche eigene Waldungen bewirtschaften, sowie Verwaltungsbeamte, welche am Gedeihen des Waldes Interesse nehmen, in dem Handbuch eine willkommene Gabe erblicken, zumal dasselbe neben den fachlichen auch den allgemein volkswirtschaftlichen Standpunkt und die Beziehungen der Forstwirtschaft zur Landwirtschaft an geeigneter Stelle besonders betont.

Die systematische Anordnung schien dem Zwecke am förderlichsten. Die den einzelnen Teilen vorgedruckten Inhalts-Uebersichten geben über den Plan des ganzen Werkes Aufschluß. Ein ausführliches alphabetisches Sachregister, welches der ersten Abteilung des ersten Bandes beigegeben ist, ermöglicht rasches Nachschlagen über einzelne Gegenstände.

Daß ein derartiges Werk nicht von einem einzelnen verfaßt werden konnte, liegt auf der Hand. Vielmehr bedurfte es vieler Kräfte, deren jede in dem ihr zugewiesenen Gebiet ein spezielles Arbeitsfeld erblickt. Schon die Namen der Mitarbeiter werden den Lesern eine Gewähr dafür sein, daß ihnen in dem Werke ein gut Stück ernster Arbeit geboten wird. Ueberdies sei darauf aufmerksam gemacht, daß Männer verschiedenster wissenschaftlicher Richtung an dem Unternehmen mitgewirkt haben.

Mußte darunter auch vielleicht die Einheitlichkeit der Auffassung da und dort etwas notleiden, so hat man andererseits den Gewinn, kein Werk im Sinne einer einseitigen, ausschließenden Parteirichtung geschaffen zu haben, obwohl die einzelnen Abhandlungen begreiflicherweise voll und ganz den wissenschaftlichen Standpunkt ihrer Verfasser widerspiegeln.

Auch in anderer Hinsicht muß dem Buche der Charakter eines Sammelwerkes anhaften, sofern es bei einem solchen immer unmöglich ist, überall vollkommene Gleichmäßigkeit der Durchführung zu wahren. Man ist sich dessen wohl bewußt, daß einzelne Arbeiten umfassender geworden sind, als es von vornherein gewünscht war. Doch hoffen wir, vielleicht gerade mit denjenigen Abhandlungen, welche den sonst knappen Rahmen des Ganzen zu überschreiten scheinen, bei Vielen eine besonders freundliche Aufnahme zu finden.

Möchte das Handbuch, indem es seinen Weg macht, den Nutzen stiften, den sich alle Beteiligten von demselben erhoffen.

Tübingen 1888.

T. Lorey.

---

# Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem der Herausgeber der ersten Auflage, Professor Dr. von Lorey, bereits die Einleitung für die Herausgabe der zweiten Auflage getroffen hatte, wurde derselbe durch einen jähen und plötzlichen Tod am 27. Dezember 1901 abgerufen. Einer handschriftlich von ihm hinterlassenen Notiz zufolge, in welcher er den Unterzeichneten als seinen Nachfolger in der Redaktion bestimmt hatte, übernahm dieser die weitere Führung der Redaktionsgeschäfte, sowie die zum großen Teil bereits eingegangenen Manuskripte der Herren Mitarbeiter. Es erwuchs ihm zunächst die Aufgabe, das Material einer Durchsicht zu unterziehen und diejenigen Vereinbarungen herbeizuführen, welche wegen teilweiser Kürzung, sowie zum Zweck von Aenderungen behufs Erzielung möglichster Gleichmäßigkeit in der Behandlung des Stoffes, insbesondere auch zur tunlichsten Vermeidung von Wiederholungen und von Kollisionen in den Grenzgebieten einzelner Disziplinen, erforderlich erschienen.

Demnächst war die Verteilung des Stoffes in die einzelnen Bände, deren wegen der eingetretenen beträchtlichen Vermehrung des Materials vier gebildet werden mußten, zu bewirken, sowie die Ueberwachung der Drucklegung vorzunehmen.

Die an sich erwünschte Aufnahme einer „Forstzoologie" war leider nicht mehr möglich; die Verlagsbuchhandlung hat sich jedoch entschlossen, eine solche — gewissermaßen als Nachtrag zum Handbuch der Forstwissenschaft — besonders herauszugeben, zu welchem Zweck bereits ein namhafter Spezialist auf diesem Gebiete gewonnen worden ist. Das Erscheinen wird etwa in Jahresfrist zu erwarten sein.

Allen Mitarbeitern sei auch an dieser Stelle für das bewiesene freundliche Entgegenkommen und die, im Interesse des Werkes betätigte liebenswürdige Unterstützung des Herausgebers der verbindlichste Dank ausgedrückt.

Möge das mit vereinten Kräften geschaffene Werk sich einer nicht minder freundlichen Aufnahme wie die erste Auflage erfreuen!

Eisenach, Ende Juli 1903.

H. Stoetzer.

---



# Vorwort zur dritten Auflage.

Auch die dritte Auflage hat, wie ihre Vorgängerin, das Unglück gehabt, den ursprünglichen Herausgeber — Stötzer — schon kurz nach den ersten Vorbereitungen für die Neuherausgabe des Werkes durch den Tod zu verlieren. Dem Wunsche des Verstorbenen folgend ist der Unterzeichnete an seine Stelle getreten und hat sich bemüht, das Werk in wissenschaftlichem Geiste und im Sinne seiner Vorgänger in der Herausgabe zu Ende zu führen.

Er hat aber auch, soweit die einleitenden Schritte des ursprünglichen Herausgebers dies noch zuließen, von sich aus versucht, die Gliederung und Zusammenstellung des Stoffs zu bessern und eine seines Erachtens notwendige Ergänzung des Inhalts vorzunehmen. Letzteres geschah durch Neuaufnahme einer einleitenden Abhandlung über „Grundlegung, Gliederung und Methode der Forstwissenschaft", zu deren Abfassung Herr Regierungsdirektor Dr. Wappes gewonnen werden konnte.

Auch sonst hat die neue Auflage mehrere bemerkenswerte Erweiterungen des Stoffs erfahren. So wurde insbesondere die bisher als Ergänzungsband zum Handbuch erschienene umfangreiche „Forstzoologie" Jacobi's in einer Bearbeitung durch Professor Dr. Eckstein in das Handbuch selbst aufgenommen und ebenfalls neu ein Artikel über „Die Wälder unserer Kolonien" von Professor Dr. Büsgen eingefügt.

Zahlreiche Aenderungen in der Person der Bearbeiter infolge Tods oder Rücktritts bisheriger Mitarbeiter haben weiterhin stattgefunden. Neue Bearbeiter haben erhalten die Abhandlungen über: Die Bedeutung des Waldes und die Aufgaben der Forstwirtschaft, Die forstliche Standortslehre, Der Waldbau, die sämtlichen vier Abhandlungen über Forstbenutzung, Die Waldwertrechnung und Forststatik, Die Forsteinrichtung, Die Forstästhetik, sowie endlich Waidwerk und Fischerei.

Allen Herren Mitarbeitern, die bei der Erweiterung und Vervollkommnung, sowie bei der rechtzeitigen Fertigstellung des Werkes mit großem Eifer mitgewirkt haben, sei auch an dieser Stelle der besondere Dank des Herausgebers ausgesprochen.

Das Handbuch der Forstwissenschaft hat sich als einziges großes Sammelwerk, das unsere ganze Wissenschaft samt ihren Nachbargebieten zur Darstellung bringt, längst einen geachteten Platz in unserer forstlichen Literatur errungen; möge es der neuen Auflage gelingen, nicht nur das Gewonnene festzuhalten, sondern sich noch weiteres Gebiet zu erobern, möge sie dieselbe gute Aufnahme finden, wie ihre Vorgängerinnen.

Tübingen, April 1913.

C. Wagner.



# Inhaltsübersicht des ersten Bandes

(Abschnitt I—V).

## I. Grundlegung, Gliederung und Methode der Forstwissenschaft.

Von

**Lorenz Wappes.**





## II. Die Bedeutung des Waldes und die Aufgaben der Forstwirtschaft.

Von

**Rudolf Weber.**

Für die 8. Auflage bearbeitet von H. Weber.



---

## III. Forstliche Standortslehre.

Von

**Maximilian Helbig.**









---

## IV. Forstbotanik.

Von

**Ludwig Klein.**

Mit 133 Abbildungen.





## 3. Morphologie und Biologie der baumschädigenden Pilze.

— — —

## V. Forstzoologie.

Von

**A. Jacobi.**

Für die 3. Auflage bearbeitet von Karl Eckstein.

Mit 368 Abbildungen.







# Verzeichnis der Abkürzungen.

| | |
|---|---|
| A. F. u. J.-Z. | = Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer. |
| C. f. d. g. F. | = Centralblatt für das gesamte Forstwesen. Wien, Frick. |
| F. Bl. | = Forstliche Blätter (von Grunert und Leo, bezw. Grunert und Borggreve), eingegangen. |
| F. Cbl. | = Forstwissenschaftliches Centralblatt (von Fürst, früher Monatsschrift f. F. u. J.). Berlin, Parey. |
| J. d. preuß. F. u. J. | = Jahrbuch der preußischen Forst- und Jagdgesetzgebung und Verwaltung. Berlin, Springer. |
| J. d. schles. V. | = Jahrbuch des schlesischen Forstvereins. Breslau, Morgenstern. |
| Krit. Bl. | = Kritische Blätter (von Pfeil und Nördlinger). Leipzig, Baumgärtner; eingegangen. |
| Leb.-Bild. | = Heß, „Lebensbilder hervorragender Forstmänner". Berlin, Parey. |
| M. f. F. u. J. | = Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen. Stuttgart, Schweizerbart. |
| N. J. | = Neue Jahrbücher der Forstkunde von v. Wedekind. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer; eingegangen. |
| Oest. F. | = Oesterreichische Forstzeitung (von Weinelt). Wien, Hitschmann. |
| Oe. V. | = Oesterreichische Vierteljahrsschrift (früher Monatsschrift für Forstwesen). Wien, Verlag des österr. Reichsforstvereins. |
| Prakt. F. f. die Schw. | = Der praktische Forstwirt für die Schweiz. Davos, Richter. |
| Schw. Z. | = Schweizer Zeitschrift für das Forstwesen. Zürich, Orell, Füßli u. Co. |
| Suppl. d. A. F. u. J. | = Supplemente zur Allgemeinen Forst- und Jagd-Zeitung jetzt: Jahresberichte. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer. |
| Thar. f. J. | = Tharander forstliches Jahrbuch. Berlin, Parey. |
| V. deutsch. F. | = Bericht über die Versammlung deutscher Forstmänner bezw. Bericht der Hauptversammlung des Deutschen Forstvereins. Berlin, Springer. |
| Z. f. F. u. J. | = Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen (begründet von Danckelmann). Berlin, Springer. |

# I.

# Grundlegung, Gliederung und Methode der Forstwissenschaft.

Von

Lorenz Wappes.

Literatur. Die forstliche Literatur weist nur ein Werk auf, das sich ausschließlich mit dem Stoff der ersten Abhandlung beschäftigt, nämlich des Verfassers „Studien über die Grundbegriffe und die Systematik der Forstwissenschaft". P. Parey 1909. Daneben ist zu nennen: Hundeshagen, Enzyklopädie der Forstwissenschaft und der I. Teil von Heß, Enzyklopädie und Methodologie der Forstwissenschaft, woselbst eingehendere Literaturnachweise zu finden sind.

In den forstlichen Zeitschriften werden diese Fragen nur ab und zu gestreift; es muß daher hauptsächlich auf die Behandlung des Gegenstandes in der Philosophie und der Nationalökonomie verwiesen werden. Für eingehenderes Studium sind folgende Werke zu nennen:

a) An philosophischen und methodologischen Werken: W. Wundt, Einleitung in die Philosophie, 5. Auflage; W. Wundt, Logik, Eine Untersuchung der Prinzipien der Erkenntnis und der Methoden wissenschaftlicher Forschung, 3. Auflage. Die Philosophie im Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts, Festschrift für Kuno Fischer, besonders die Abhandlung von H. Rikkert über Geschichtsphilosophie. A. Hettner, Das System der Wissenschaften, Preuß. Jahrbücher Bd. 122, 2. Heft. A. Hettner, Das Wesen und die Methoden der Geographie, Geographische Zeitschrift, Band 11 Heft 10—12.

b) An sozialwissenschaftlichen, besonders volkswirtschaftlichen Werken: Handbuch der Staatswissenschaften, 3. Auflage, hauptsächlich die Abhandlung des 8. Bandes „Volkswirtschaft, Volkswirtschaftslehre und -Methode" von Schmoller. M. Weyermann und H. Schönitz, Grundlegung und Systematik einer wissenschaftlichen Privatwirtschaftslehre. Alfred Marshall, Handbuch der Volkswirtschaftslehre, übersetzt von Hugo Ephraim und Arthur Salz. v. Gottl-Ottilienfeld, Zur sozialwissenschaftlichen Begriffsbildung (Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik Bd. 23 1909). C. Menger, Grundzüge einer Klassifikation wissenschaftlicher Wissenschaften, Jahrb. f. Nationalökonomie, 2 F. 19. 1889. O. Spann, Der logische Aufbau der Nationalökonomie, 1908. G. v. Mayr, Begriff und Gliederung der Staatswissenschaften, 3. Auflage. J. Schumpeter, Das Wesen und der Hauptinhalt der theoretischen Nationalökonomie. (Für kürzere Orientierung dient die kleine Broschüre von Lujo Brentano „Wie studiert man Nationalökonomie").

c) An technischen Werken: E. Herrmann, Technische Fragen und Probleme der modernen Volkswirtschaft. v. Gottl-Ottilienfeld, Der wirtschaftliche Charakter der technischen Arbeit. W. v. Oechelhäuser, Technische Arbeit einst und jetzt. M. Kraft, Systematik der technischen Arbeit.

## Vorbemerkung.

§ 1. Die nachfolgende Abhandlung, mit der die gegenwärtige Auflage dieses Handbuches eingeleitet wird, ist neu eingefügt. Nicht nur dieser Umstand, sondern auch der Inhalt lassen es angezeigt erscheinen, einige Bemerkungen persönlicher und sachlicher Art vorauszusenden.

Der Herr Herausgeber hat es, als ihm so unerwartet die Uebernahme des Werkes zufiel, wenn auch die Gesamtanlage mehr oder minder feststand, noch für notwendig

erachtet, den Einzeldarstellungen eine systematische Einführung vorauszusenden. Den an mich ergangenen Ruf glaubte ich nicht ablehnen zu sollen, wiewohl ich mir nicht verhehlt habe, daß die Leitung einer großen Verwaltung am allerwenigsten Zeit und Ruhe bietet, um sich in derartige Gedankengänge zu vertiefen, auch wenn Neigung anreizt und frühere Beschäftigung mit dem Gegenstand einige Erleichterung bringt. Aber die Bearbeitung der in Frage kommenden Probleme durch einen Nichtfachmann — sei es Philosoph oder Nationalökonom — wäre wohl auch nicht leicht gewesen; einen anderen Forstfachmann zu gewinnen, hätte gleichfalls Schwierigkeit verursacht, denn es scheinen bedauerlicherweise immer noch wenig Fachgenossen sich grundlegenden Studien zuzuwenden.

Vielleicht, daß der gegenwärtige Versuch der Jugend neuerliche Anregung gibt; um mehr als das zu bieten, liegt bei uns leider noch zu wenig Vorarbeit und Stoff vor. Nach keiner Richtung, weder in Grundlegung noch in Gliederung und Methode ist es möglich, auf eine irgendwie eindringende Literatur forstfachlicher Art Bezug zu nehmen. Und doch ist mir nicht zweifelhaft, daß Wirtschaft und Wissenschaft auch bei uns, wenngleich viele Herren „vom Leder" es noch nicht glauben wollen, untrennbar verbunden sind und daß der Fortschritt beider in seinem letzten Ende darauf beruht, daß wir der praktischen Tat wie der theoretischen Forschung eine streng wissenschaftliche Unterlage zu geben vermögen und Tun wie Denken auf jenen tiefsten Gedanken aufbauen, welche Ausgang und Schluß aller Erkenntnis bilden. Unser Rüstzeug kann kein anderes sein als das anderer Wissenschaften; wenn wir in vielem noch nicht so weit sind, wie wir sein könnten und sein sollten, so liegt der Grund hauptsächlich darin, daß die Kenntnis und der Gebrauch der Methoden — ob aus äußeren oder inneren Gründen soll hier nicht weiter untersucht werden — uns nicht in gleichem Maße möglich gewesen ist.

Vortrefflich ist dieses Verhältnis gekennzeichnet durch zwei Sätze von Marshall (a. a. O. S. 85 und 86): „Die Rolle, welche die systematische, wissenschaftliche Denkarbeit bei der Hervorbringung von Erkenntnissen spielt, gleicht der Rolle, die der Maschinerie bei der Produktion von Gütern zukommt." „Das Studium der Begriffe ist nicht weniger „reale" Arbeit im höchsten Sinne des Wortes als die Sammlung von Tatsachen."

Hier, an dieser wenig erkannten, mir aber höchst wichtig erscheinenden Stelle einzusetzen ist der Zweck der nachfolgenden Arbeit. Ueber die Notwendigkeit und den Nutzen bin ich mir klar; denn ich verstehe die Inkonsequenz nicht, wenn man vom Forststudierenden die Orientierung über die systematische Stellung der Thallophyten und der Strudelwürmer verlangt, ihn aber nicht darüber belehrt, welcher Art seine Wissenschaft und seine künftige Tätigkeit ist, wie sich erstere in das Gesamtgebiet menschlichen Denkens und Erkennens, letztere in den Gesamtorganismus menschlicher Arbeit einfügt, wenn man davon spricht, daß der Forstwirt wissenschaftlich gebildet sein soll, ihn aber über das Rüstzeug wissenschaftlicher Arbeit, die Methode, nicht aufklärt. Ich möchte mir darum in dieser Hinsicht das Bekenntnis Schmollers aneignen, der seine eingangs erwähnte Abhandlung mit den Worten schließt: „Und daneben sage ich mir, ich hätte unzweifelhaft auch in meinem eigentlichen Arbeitsgebiet Unvollkommeneres geleistet, wenn ich nicht wenigstens versucht hätte, mir in diesen methodologischen Fragen eine feste Ueberzeugung zu verschaffen".

Die Zeit der Meisterlehre ist vorbei. Wenn wir nicht alle Fachkämpfe der letzten Jahrzehnte und die Unterrichtspolitik der deutschen Staaten negieren wollen, dürfen wir nicht mehr Rezepte geben, sondern müssen zur Beobachtung erziehen, das Urteil schärfen und Vorstellungen bilden. Vorstellungen im Sinne moderner Arbeit, d. h. die Fähigkeit zu begrifflichem und systematischem Erfassen des zu lösenden Problems, erhält man nur durch wissenschaftliche Unterlage.

Die Großtaten der Technik sind — nach ihrem Prinzip — alle aus wissenschaftlicher Erkenntnis entsprungen. Die forstliche Wissenschaft ist aber ihrem Wesen nach in keiner Weise verschieden von den anderen Wissenschaften. Ich sage darum:

Solang wir in unseren Bildungsstätten nicht von der Lehre, d. h. vom handwerksmäßigen Zweck loskommen, haben wir keine Wissenschaft, solange wir keine Wissenschaft haben, haben wir keinen facheigenen Fortschritt, sondern

nur ein Nachlaufen auf gebahnten Wegen. Diese Auffassung in immer weitere Kreise der Fachgenossen zu bringen, sie schließlich zum Gemeingut zu machen, haben sich die nachfolgenden Ausführungen zur Aufgabe gestellt.

## I. Grundlegung.

### 1. Ableitung des Begriffs Forstwissenschaft.

§ 2. Eine Grundlegung über Begriff und Inhalt der Forstwissenschaft muß vor allem negativ arbeiten und mit einem Grundfehler aufräumen, nämlich mit der Auffassung, daß man es hier mit einer „angewandten" oder „praktischen" Wissenschaft zu tun habe. Eine „angewandte" Wissenschaft als Wissenschaft gibt es nicht, das ist ein Widerspruch in sich. Jede Wissenschaft ist Selbstzweck. Allerdings kann man nicht jeden Erkenntniskreis ohne weiteres als Wissenschaft bezeichnen, es ist, um mit Schumpeter zu sprechen, „ausreichendes Interesse" für die Existenzberechtigung einer Wissenschaft ebenso nötig wie „ausreichende Macht" zum Entstehen von Souveränität [1]). Wissenschaft ist Erfahrungs- und Wirklichkeitskonstatierung, Lehre vom Sein, sie erforscht bei Untersuchung wirtschaftlicher Vorgänge nur Wertbeziehungen, gibt keine Werturteile und somit auch keine Anleitung, wie etwas gemacht werden soll [2]).

Es ist sonach unrichtig zu sagen, Forstwissenschaft sei „der Inbegriff derjenigen Grundsätze, nach denen die Behandlung oder Benutzung der Waldungen zu betreiben ist" [3]) (d. h. es würde besser gesagt: nach Anschauung des Darstellenden betrieben werden soll). Eine derartige Anleitung in Form einer Sammlung von Lehrsätzen ist eine Gewerbslehre, die selbstverständlich durch logischen Aufbau und die Einbeziehung der Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung ein wissenschaftliches Gewand annehmen kann. So notwendig derartige Instruktionen und Handbücher für die Praxis sind, so können sie doch eine Darstellung der forstwirtschaftlichen Arbeit aus rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten nicht ersetzen.

Bei einer so jungen und noch wenig entwickelten Wissenschaft, wie es die Forstwissenschaft zweifellos ist, und bei ihrer Entwicklung aus der Praxis einer auch heute noch mehr nach Tradition und Gefühl als nach exakter Erkenntnis der grundlegenden Faktoren arbeitenden Wirtschaft ist es klar, daß dem stofflichen Inhalt nach zwischen der Fachlehre im engeren Sinn und der Wissenschaft noch kein allzugroßer Unterschied besteht. Es mag darum als eine „Doktorfrage" erscheinen, ob man über derartige Unterscheidungen noch Untersuchungen anstellen soll, umso mehr, als die Ausdrücke Lehre und Wissenschaft, der Tradition folgend, in manchen Fällen als synonym gebraucht werden, z. B. bei Volkswirtschaftslehre und Verwaltungslehre. Allein es handelt sich für unseren Fall weniger um das Wort als um den Begriff und Inhalt, und infolgedessen um bedeutungsvolle sachliche Gegensätze. Solange eine Darstellung sich als Ziel setzt, eine wirtschaftliche Betätigung durch Anleitung zu lehren, bringt man eine Wertung, also etwas Subjektives in das Gebiet der Tatsachenfeststezung, von der jede wissenschaftliche Arbeit auszugehen hat. Denn jede Anleitung hat ein bestimmtes Ziel, ein Wollen zur Voraussetzung. Nun ist es für wissenschaftliche Forschung bei keiner wirtschaftlichen Arbeit, am allerwenigsten aber bei der Forstwirtschaft angängig, eine bestimmte Auffassung vorauszusetzen, weil der letzte Zweck derselben nicht ausschließlich von wirtschaftlichen Erwägungen abhängt und weil auch innerhalb rein wirtschaftlicher Erwägung sehr verschiedene Auffassungen möglich sind. Eine Kasuistik wirtschaftlicher Maßnahmen — die Vorschrift: „wenn die Lage so und so ist, muß man so und so handeln" — kann daher lediglich für einfache oder nahe Zusammenhänge, gewissermaßen nur für kurze Kurvenstücke der Entwicklung gegeben werden. Es fragt sich deshalb, ob es für den vorliegenden Fall der Forstwirtschaft möglich ist, mit einer Lehre, einer Anleitung zurecht zu kommen, oder ob in wissenschaftlicher, d. i. objektiver Weise die Vielheit der Erscheinungen zu untersuchen, nach ihrem Wesen zu erforschen, zu erklären ist, damit auf Grund der so gewonnenen systematischen Erkenntnis für jeden praktischen Fall die richtige

1) Schumpeter S. 558.
2) Weyermann-Schönitz S. 54 ff.
3) Heß, Enzyklopädie, Neudammer Försterlehrbuch usw.

Maßnahme gefolgert werden kann. Aus diesem Grunde ist eine prinzipielle Klarstellung über das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Lehre notwendig. Schon aus pädagogischen Gründen ist es von Wert, ein Lehrgebäude auf systematische Unterlagen zu stellen. Der menschliche Geist bedarf eben der Systeme (und der Hypothesen) zum Eindringen in das Wesen und zum Ueberblick über die Vielheit der Dinge. Ein System aber muß ein leitendes Prinzip als Ausgangspunkt und für stoffliche Umgrenzung haben. Wird in dieser Weise vorgegangen, so muß vor allem möglichste Klarheit über den Charakter des einzubeziehenden Stoffes geschaffen werden. — Die Untersuchung dieses Verhältnisses hat aber auch ihre praktische Seite. Wenn anerkannt wird, daß die auf die Bewirtschaftung der Waldungen sich beziehende Erkenntnis Wissenschaft ist oder sein kann, so ergibt sich, daß in der einschlägigen Forschung wissenschaftliche Methode möglich ist. Wenn solche möglich ist, ist sie nicht nur zulässig, sondern auch nötig. Denn es ist eine aus allen Zeiten und Wirtschaftszweigen zu erweisende Erfahrung, daß Theorie und Praxis in Wechselwirkung stehen und der Fortschritt auf der einen Seite immer solchen auf der anderen Seite mit sich bringt. (Vgl. Einleitung zu den eingangs angeführten „Studien x.“).

§ 3. Der Gedankengang, durch welchen Begriff und Inhalt der Forstwissenschaft abgeleitet werden muß, ist kurz folgender:

Eine Wissenschaft entsteht dann, wenn Erscheinungen realer oder idealer Natur nach ihrem kausalen Zusammenhang erforscht und begrifflich erfaßt werden[1]).

Nicht die Gegenstände an und für sich können Ausgangspunkt einer wissenschaftlichen Ausscheidung oder Gliederung sein, sondern die Begriffe, zu deren Bildung sie Anlaß geben[2]).

Ein und derselbe Gegenstand kann deshalb Objekt mehrerer Wissenschaften werden, je nach dem Gesichtspunkt, von dem er betrachtet wird.

Jede Wissenschaft charakterisiert sich einerseits durch ihr Objekt, andererseits durch den Gesichtspunkt, von dem aus sie ihr Objekt begrifflich erfaßt.

Das Erkenntnisobjekt der Forstwissenschaft wird dadurch gewonnen, daß die auf den Wald sich beziehende wirtschaftliche Tätigkeit einer (physischen oder juristischen) Person einer isolierenden Betrachtung unterzogen wird. Es wird also, wie bei der Nationalökonomie der homo oeconomicus, der homo foresticus (gleichsam als Art der Gattung oeconomicus) konstruiert. Diese Abstraktion mag im ersten Augenblick sehr „theoretisch“ erscheinen; tatsächlich gibt es aber sehr viele Fälle, wo forstwirtschaftliche und anderweit wirtschaftliche Tätigkeit sehr ineinander übergehen. Man kommt daher nur durch eine solche Abscheidung zum Ziel.

Um zu einer erschöpfenden Grundlegung zu kommen, muß jetzt noch der Begriff „wirtschaftlich“ erklärt werden. Wirtschaftlich ist nach Wundt[3]) der „Inbegriff derjenigen gesellschaftlichen Erscheinungen, welche in der durch vorsorgliche Arbeit zu erreichenden Befriedigung der Lebensbedürfnisse ihre Quelle haben“. Marshall definiert (a. a. O. S. 1): Die politische Oekonomie oder Wirtschaftslehre betrachtet „die Tätigkeit des einzelnen und der Gesellschaft, soweit sie sich auf die Gewinnung und den Verbrauch der Mittel zum materiellen Wohlbefinden erstreckt“.

1) „Die Wissenschaft als Bildungsgut ist die im Denken und Erkennen sich vollziehende Besitzergreifung alles Seins und Lebens nach der allgemeinen Seite.“ (Ahrens in Holzendorfs Rechtsenzyklopädie S. 38), das Erfassen oder Besitzergreifen ist hier im weiteren Sinne, einschließlich der systembildenden Ordnung gemeint.

2) Wundt, System der Philosophie 1889, 1. Aufl., S. 26. Wundt Logik III. Bd. S. 12. Friedrich Gottl, „Zur sozialwissenschaftlichen Begriffsbildung“ im Archiv für Sozialwissenschaft Bd. 23, S. 403 ff. und Bd. 24, S. 265: Die Begriffsbildung ist abhängig von dem Ziele der Erkenntnis.

3) Logik 3. Bd. S. 535.

§ 4. 1. Es wird nun zunächst eine Frage zu entscheiden sein, nämlich die Abgrenzung des „forstlichen Gewerbes" einerseits gegen andere Zweige der Bodenkultur (Landwirtschaft, Gartenbau) und gegen jene Bodenkulturformen, bei welchen die Frage ob Land- oder Forstwirtschaft zweifelhaft erscheint (z. B. Waldfeldbau, Kastanienwald, Weidenheger), andererseits gegen jene Gewerbe, welche die Produkte aufnehmen und weiter verarbeiten. Es ist das eine Frage der Zweckmäßigkeit, deren Lösung abzuleiten ist aus den tatsächlichen Zuständen. Näher darauf einzugehen ist für die in gegenwärtiger Abhandlung zu besprechenden Probleme nicht erforderlich.

Bei dieser Aufstellung ist von der Voraussetzung vorausgegangen, daß man von einer Wissenschaft der gesamten Bodenkultur nicht wohl sprechen kann. Auch die Landwirtschaftswissenschaft hat nie den Versuch unternommen, etwa die Forstwirtschaft in den Bereich ihres Systems und ihrer Forschung einzubeziehen. Objekt der Wirtschaft — Feld und Wald — sowie Wirtschaft selbst haben sich schon zu einer Zeit geschieden, wo die systematische Wissenschaft noch nicht begonnen hatte. Immerhin darf wohl bemerkt werden, daß solche Ausscheidungen nicht dauernd zu sein brauchen und daß in der modernen Entwicklung der sogenannten Kulturtechnik (Ent- und Bewässerung, Melioration usw.) ein Gebiet sich gebildet hat, das einen Uebergang zwischen den beiden Zweigen der Bodenkultur vermittelt. Was die Zukunft, insbesondere die Kolonialwirtschaft, an den Formen der Bodenbenutzung, an Bewertung und Ausnützung des Waldes bringt, ist heute nicht vorauszusehen.

2. Eine zweite Frage bildet, ob und wie die auf gleicher Fläche wie die Forstwirtschaft arbeitende Jagd dieser ersteren zugerechnet werden kann. Ein Analogon für Zurechnung gäbe das Verhältnis der Landwirtschaft zur Viehzucht. Es ist kein Zweifel, daß diese im Betrieb untrennbar verbunden sind und daher auch in der Wissenschaft gemeinsam behandelt werden müssen. Aber gerade diese Gemeinsamkeit des Betriebes dürfte bei Forstwirtschaft und Jagd nicht in dem Maße gegeben sein, wenigstens heute nicht mehr derart, daß man den gleichen zwingenden Schluß wie für Landwirtschaft und Viehzucht ziehen müßte. Wenn und soweit man also die Jagd als wirtschaftliche Arbeit wissenschaftlich behandeln will, wird es dem tatsächlichen Stand der Sache mehr entsprechen, sie als einen selbständigen Zweig der Wirtschaft zu behandeln.

3. Nach einer weiteren Richtung wäre hier noch die analysierende Abscheidung zu besprechen. Man darf die Behauptung aufstellen, daß rein ökonomische Tätigkeit eigentlich nur bei der Minderzahl von Forstbetrieben vorliegt. Sie liegt nicht vor z. B. bei allen staatlichen und den meisten gemeindlichen Betrieben, wo politische und administrative Rücksichten hereinspielen, bei den kleinbäuerlichen Wirtschaften, wo der Wald nur als Hilfswirtschaft (zur Unterstützung der landwirtschaftlichen Technik oder als ökonomische Reserve) dient, bei den privaten Großbetrieben, wo sportliche, jagdliche, ästhetische oder ethische Momente mehr oder minder stark mitbestimmen [1]).

Es sind hier folgende Fälle zu erwähnen:

a) Allgemein-wirtschaftliche, aber nichtforstliche Gesichtspunkte wirken auf die Forstwirtschaft ein, d. h. sie spielen mit bei der Entscheidung über das Wirtschaftsziel und über Anwendung besonderer forstwirtschaftlicher Maßnahmen, z. B. es wird die Pflege der Bodenkraft, die Erziehung der größten Holzmasse oder der höchsten technischen Qualität der Produkte angestrebt unter Zurückschiebung der vom rein ökonomischen Standpunkt allein maßgebenden Rücksicht auf Rentabilität.

b) Nichtwirtschaftliche Gesichtspunkte, z. B. Rücksichten auf Heimat- und Naturpflege, auf Vogelschutz, auf Jagd, auf Sicherung des Lebens oder des Eigentums gegen Naturgewalten beeinflussen den Forstbetrieb.

c) Der Wald dient auch den Zwecken landschaftlicher Wirkung; er ist dann ein Formelement für die Landschaftskunst und zwar ein sehr wertvolles, aber auch schwieriges, weil seine Wirkung nicht nur mit dem Wechsel der Jahreszeit, sondern auch mit dem fortschreitenden Betrieb in ständiger Bewegung ist. Vom forstfachlichen Standpunkt ist oft die Grenze

1) Hiebei soll die Frage gar nicht weiter geprüft werden, ob die Eigenart des Betriebes in bezug auf Kapitalform und -Bildung eine Nachhaltswirtschaft mit einer der privaten Kapitalanlage entsprechenden Verzinsung überhaupt als möglich erscheinen läßt.



schwer zu ziehen, ob ästhetisch beeinflußte Forstwirtschaft oder Landschaftsgärtnerei mit forstlicher Nutzung vorliegt. Jedenfalls können die Regeln landschaftlicher, d. h. künstlerischer Wirkung nicht zur forstlichen Lehre gerechnet werden. Die Forstästhetik, die so außerordentlich verdienstvolle Schöpfung des Meisters v. Salisch, ist in ihrer technischen, d. h. ästhetischen Seite nicht Disziplin der Forstwissenschaft, sondern der Aesthetik [1]).

4. Wie bei der Beurteilung des Gewerbes gibt es auch Grenzfälle für die Auffassung des Gewerbeobjektes, des Waldes.

Die Naturwissenschaft, die Statistik, die Verwaltung, die Volkswirtschaft werden unter Umständen ein und dieselbe Vegetationsform je nach ihrem Standpunkt bald als Wald, bald als landwirtschaftliches Objekt, als Oedung, Weide usw. erklären. Eine vollkommen gelungene junge Fichtenpflanzung auf vergraster Kahlfläche z. B., die jeder Forstwirt unbedingt als Wald erklären wird, ist in ihren natürlichen Wirkungen (für Klima usw.) zunächst entschieden kein Wald, sondern je nach ihrem Zustand Grasland, Heidefläche, Blöße, während ein mit Kiefernbüschen weitständig bedeckter Berghang klimatisch vielleicht sehr wohl als Wald wirken kann, forstwirtschaftlich aber als solcher nicht zu betrachten ist, auch wenn etwa der bäuerliche Besitzer seine Streu darauf gewinnt.

Auch hier ist es nicht nötig, Gründe und Gesichtspunkte für praktische Entscheidung des einzelnen Falles zu suchen.

Wir können also allgemein sagen: **Forstwirtschaft** entsteht, wenn die in der Vegetationsform „Wald" vorhandenen natürlichen Kräfte und Stoffe Gegenstand wirtschaftlicher Tätigkeit werden.

Die **Forstwissenschaft** hat als Aufgabe die Erforschung, als Inhalt die hiedurch gewonnene Erkenntnis des **Wesens der Forstwirtschaft.**

### 2. Die Stellung der Forstwissenschaft im System der Wissenschaften.

§ 5. Nunmehr entsteht die weitere Aufgabe, zu besprechen, welcher Art von Wissenschaften die Forstwissenschaft zuzurechnen ist und wie sie sich in den Rahmen eines Systems von Wissenschaften einfügt [2]).

1) Die systematische Stellung der Forstästhetik hat gleich nach der Schöpfung dieses Wissenskreises zu Zweifeln Anlaß gegeben (Forstw. Ztrbl. 1887 S. 329). Die Würdigung und Berücksichtigung ästhetischer Forderungen gehört zweifellos zu den Aufgaben des Forsttechnikers. Der Forstwirt ändert seine primär nur auf ein wirtschaftliches Ziel gerichtete Technik und übt damit auch eine künstlerische Tätigkeit aus. Diese Kunstausübung aber gründet sich auf Aesthetik. Insofern ist diese allerdings in forstwissenschaftliche Untersuchungen einzubeziehen.

2) Es ist wohl nicht nötig, zu betonen, daß diese Frage nicht gestellt wird, um der Forstwissenschaft für eine Rangdifferenzierung entsprechende Position zu fordern oder zu sichern, wie sie etwa aus der Wertung einer Berufstätigkeit manchmal abgeleitet wird. Auf dem objektiven Forschungsgebiet gibt es keine Wertunterschiede. Aber es wird doch der Berufsarbeit eine höhere Weihe gegeben, sich bewußt zu sein, daß sie auf wissenschaftlicher Erkenntnis ruht. — Von Interesse ist, daß auch bei der Landwirtschaft vor einigen Jahren eine Auseinandersetzung über den Charakter der Landwirtschaftswissenschaft sowie über deren Systematik und Methodik entstand. (Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1909, Stück 18 und 22, Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung 1908, Nr. 53). Hiebei hat namentlich Dr. Freyer entschieden den oben hinsichtlich der Forstwissenschaft eingenommenen Standpunkt auch für die Landwirtschaftswissenschaft vertreten. Sehr nachdrücklich hat insbesondere A. Hettner zu Eingang der oben angeführten Abhandlung in den Jahrbüchern das Bedürfnis der Systematik betont, aus der in Ergänzung der Vorbemerkung noch Nachfolgendes angeführt sei: Bei der einzelnen Untersuchung ist es wohl gleichgültig, wie man sie einordnet; die zusammenfassende Lehre jeder Wissenschaft aber muß von einer bestimmten Auffassung ihrer Aufgaben, also von der Systematik der Wissenschaften, ausgehen. Eine falsche oder unzureichende Systematik kann die wissenschaftliche Forschung und Lehre in falsche Bahnen lenken und dadurch auch die Fruchtbarkeit der Wissenschaft empfindlich schädigen. Eine richtige Systematik dagegen trägt zur Verkleinerung der Reibungsflächen bei und kann auch auf Gebiete aufmerksam machen, in welche die Wissenschaft noch nicht hineingeleuchtet hat.

Wenn man von der großen Zweiteilung Natur- und Geisteswissenschaften ausgeht, ist kein Zweifel, daß die Forstwissenschaft zu der letzteren Gruppe gehört. Ihr Objekt ist die Forstwirtschaft, d. h. eine Beziehung des Menschen zum Stoff, die in geistigen Vorgängen, den forstlichen Systemen, Methoden und Verfahrungsweisen zum Ausdruck kommt. W. Wundt stellt in seiner eingangs erwähnten Einleitung in die Philosophie S. 76 folgendes System auf, bei dem die allgemeine Stellung der Forstwissenschaft — naturwissenschaftlich gesprochen die Einreihung in die Familie — ohne weiteres klar ist.

| Formale Wissenschaften | Reale Wissenschaften | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (Reine Mathematik) | Naturwissenschaften | | | Geisteswissenschaften | | |
| | Phänomenologische (Physik, Chemie, Physiologie) | Genetische (Kosmologie, Geologie, Entwicklungsgeschichte der Organismen) | Systematische (Mineralogie, sytem. Botanik u. Zoologie usw.). | Phänomenologische (Psychologie) | Genetische (Geschichte) | Systematische (Syst. Rechtswissenschaft, Nationalökonomie usw.). |

Die Bezeichnung Geisteswissenschaften ist hier im weiteren Sinne des Wortes gemeint; für einen Teil der systematischen Geisteswissenschaften gebraucht man auch den Ausdruck Kulturwissenschaften. G. v. Mayr[1]) rechnet die Wirtschaftswissenschaften, zu denen ja die Forstwissenschaft zweifellos gehört, zu den Gesellschaftswissenschaften.

Es handelt sich nun noch weiter um die Stellung der Forstwissenschaft innerhalb der Wirtschaftswissenschaften. Ueber den Begriff und Umfang der Nationalökonomie herrscht, wie überall, nicht vollkommene Uebereinstimmung. Ziemlich allgemein anerkannt ist die Unterscheidung zwischen einer allgemeinen Nationalökonomie und einer Oekonomie der einzelnen Zweige des Erwerbslebens, letztere pflegt man auch praktische Nationalökonomie zu nennen (v. Mayr S. 94).

Nun ist hiebei aber noch eine schwierige Auseinandersetzung nötig. In dem eingangs aufgezählten Werk entwickeln Weyermann und Schönitz die Grundsätze einer wissenschaftlichen Privatwirtschaftslehre und bezeichnen diese als (S. 80) „diejenige Teildisziplin der Sozialökonomie (Nationalökonomie), die zum Objekt hat die Betätigung privater, für sich selbst besorgter Wirtschaftssubjekte zur Erzielung eines gewissen Ertrages und die, im Gegensatz zur sozialökonomischen Betrachtung im engeren Sinne, diese Betätigung unter dem Gesichtspunkte der Interessen dieser Privatwirtschaften, gesondert nach ihren einzelnen Typen betrachtet". Auch diese, nur allgemeine und lediglich ökonomische Eigenschaften des wirtschaftlichen Unternehmens erforschende Disziplin vermag das Bedürfnis einer Fachwissenschaft der einzelnen Wirtschaftszweige nicht zu ersetzen. Die Forst-

---

Die Systematik der Wissenschaften ist an sich eine Aufgabe der Philosophie, aber eine Aufgabe, an der alle Einzelwissenschaften Interesse haben, und an der bis zu einem gewissen Grade alle Einzelwissenschaften mitarbeiten müssen, weil nur sie ihre eigenen Aufgaben und ihr eigenes Wesen klar beurteilen können. (Diese, wie die andere oben angezogene Abhandlung von A. Hettner gewährt einen besonders guten allgemeinen Einblick in die im Teil I und III besprochenen Probleme).

1) Begriff und Gliederung der Staatswissenschaften, 3. Auflage 1910 S. 14 und 18; v. Mayr teilt ein:

1. Die allgemeinen Gesellschaftswissenschaften Statistik, Soziallehre und Soziologie,
2. die Wissenschaft vom Wirtschaftsleben,
3. die Wissenschaft vom Staat,
4. die Rechtswissenschaft

und definiert (S. 78): das Wirtschaftsleben „begreift in kürzestem Zusammenzug alle auf die Gestaltung der materiellen Lage der Menschen bezüglichen Vorgänge."

wissenschaft nimmt das einzelne Unternehmen als einheitliche Erscheinung des wirtschaftlichen Lebens und untersucht die Systeme, Methoden und Verfahren, nach denen die verschiedenen Unternehmungen ihr Ziel zu erreichen suchen, nach wissenschaftlicher Methode [1]). Um das Verhältnis durch einen Vergleich zu kennzeichnen, kann man sagen: Die allgemeine Wirtschaftslehre steht zu den Fachwissenschaften in ähnlicher Beziehung, wie etwa in der Botanik und Zoologie die Anatomie oder Physiologie zur Systematik.

§ 6. In Zusammenfassung vorstehender Darlegungen ergeben sich folgende Sätze [2]):

**A. Wald und Forstwirtschaft.**

Der Wald als Produktivmittel ist Objekt wirtschaftlicher Tätigkeit — der Forstwirtschaft.

**B. Wald und Naturwissenschaft.**

Der Wald als Naturerscheinung ist Objekt der wissenschaftlichen Forschung — der Naturwissenschaften. Als pflanzliche Erscheinung ist er Gegenstand botanischer, als Faktor des Tierlebens Gegenstand zoologischer Forschung, als Faktor atmosphärischer Vorgänge Gegenstand der Meteorologie usw.

**C. Die Forstwirtschaft als Objekt der Wissenschaft.**

Die Forstwirtschaft hat als wirtschaftliche Erscheinung wie jede Aeußerung menschlichen Lebens eine rechtliche, soziale und staatliche Seite; als wirtschaftliche Tätigkeit ist sie eine Kunstausübung [3]) und hat als solche eine technische und eine ökonomische Seite.

1. Die Betrachtung der rechtlichen, sozialen, staatlichen (administrativen) Seite der Forstwirtschaft ist Inhalt der betreffenden Wissenschaften.

2. Die Forstwissenschaft entsteht durch die wissenschaftliche Betrachtung der Forstwirtschaft als wirtschaftlicher Organismus. Aufgabe ihrer Forschung ist: 1. die wirtschaftlichen Formen, welche sich im Laufe der Zeit gebildet haben, in ihrer Gestaltung und geschichtlichen Entwicklung zu verfolgen; 2. die Systeme, Methoden und Verfahren des Vorgehens, durch welche die verschiedenen forstwirtschaftlichen Unternehmungen unter den verschiedenen natürlichen und wirtschaftlichen Verhältnissen ihr wirtschaftliches Ziel erstreben, zu erforschen und auf ihre Grundgesetze zurückzuführen. — Gegenstand ihrer Forschung ist nicht: 1. die Kausalität der natürlichen Vorgänge, welche bei der Technik zur Verwendung kommen, z. B. die Gesetze des Baumwachstums, der Bodenzersetzung, der durch den Wald bedingten klimatischen Vorgänge usw.; 2. die Theorie der in der Wirtschaft angewandten technischen und ökonomischen Hilfsmittel (Maschinen, Geräte, Wegbautechnik); 3. die Gesetze des Wertes, der Preisbewegung der Waldprodukte; 4. die Rechts- und administrativen Verhältnisse der Forstwirtschaft.

3. Die Zurückführung der von der Forsttechnik angewandten Methoden auf allgemeine technische Gesetze (Funktion, Aktion, Sicherung, Präzision usw.; vgl. die oben angeführte Schrift von E. Herrmann) ist Gegenstand der allgemeinen Wissenschaft der Technik, die Zurückführung der ökonomischen Prozesse der Forst-

1) Weitere Ausführungen hierüber siehe Studien x. S. 29 ff.

2) Diese Sätze sind wörtlich entnommen einem Artikel des Verfassers: „Das Verhältnis der technischen Wissenschaften zu den Naturwissenschaften", Forstl.-naturwissenschaftl. Zeitschrift 1893, Dezemberheft. Eine Stütze der Auffassung über Fachwissenschaft glaube ich erblicken zu dürfen in den Ausführungen von Wundts Logik (3. Bd. S. 565 ff. „Theoretische und praktische Nationalökonomie").

3) Kunst ist hier in weiterem Sinne gefaßt, als das Ganze des Könnens, das zur Erreichung des Zieles notwendig ist.



wirtschaft auf die allgemeinen wirtschaftlichen Gesetze von Gut, Wert, Preis usw. ist Gegenstand der politischen Oekonomie.

**D. Forstwissenschaft und Naturwissenschaft.**

Indem die Forstwissenschaft alle Momente in den Kreis ihrer Forschung zieht, welche auf die Entwicklung der Forstwirtschaft Einfluß hatten oder haben, ist auch die Naturwissenschaft, jedoch nur indirekt, Gegenstand ihrer Betrachtung, indem die Wirkung ihrer Erkenntnisse und Ergebnisse auf den Fortschritt der Forsttechnik und damit der Forstwirtschaft untersucht wird [1]).

**3. Das forstliche Unternehmen als Gegenstand wissenschaftlicher Forschung.**

§ 7. Wirtschaft ist — wie man in Analogie eines von Bismarck für die Politik gebrauchten Ausspruches definieren kann — „an sich keine Logik und keine exakte Wissenschaft, sondern es ist die Fähigkeit, in jedem wechselnden Moment der Situation das am wenigsten Schädliche oder das Zweckmäßigste zu wählen". Die Wirtschaft ist eine Tätigkeit. Wenn wir die Forstwirtschaft wissenschaftlich untersuchen wollen, so ist vor allem eine begriffliche Abscheidung nötig, wir müssen die auf den Wald gerichtete wirtschaftliche Ueberlegung und werktätige Arbeit als etwas ins sich Geschlossenes und Selbständiges — als Organismus — betrachten, uns aus dem Gesamtleben der wirtschaftenden Persönlichkeit das forstliche Unternehmen heraus- und abscheiden.

Bei dieser, wie schon erwähnt, gewissermaßen personifizierenden Betrachtung erscheint uns die forstliche Unternehmung unter drei Gesichtspunkten: als Erscheinung an sich in der Persönlichkeit des Unternehmers, in der durch diesen geschaffenen Organisation und in der Tätigkeit dieser letzteren.

Die vorstehende Begriffskonstruktion bildet eine Analogie der von L. v. Stein in seinem „Handbuch der Verwaltungslehre" in einer großartigen Gedankenfolge entwickelten Theorie der inneren Verwaltung. v. Stein unterscheidet — als den drei Kategorien des persönlichen Lebens „Ich, Wille und Tat" entsprechend — im Staate das „Ich" als das Staatsoberhaupt, den Gesamtwillen, aus dem persönlichen Einzelwillen zum Organismus geschaffen als die Verfassung, die Verwirklichung des Willens, die Gesamtkraft in ihrer Tätigkeit als die Verwaltung. Etwas ausführlicher ist dieser für das später entwickelte System grundlegende Gedanke dargestellt in „Studien x." S. 26.

Es erwächst nun die Aufgabe, die forstlichen Untersuchungen nach diesen drei Gesichtspunkten kurz zu betrachten, wobei zu bemerken ist, daß es sich für die Zwecke der vorliegenden Abhandlung nicht um erschöpfende Beibringung von Tatsachenmaterial, sondern um Entwicklung der leitenden Gedanken handelt.

**A. Der Träger des forstlichen Unternehmens.**

§ 8. Der Versuch, das Persönliche der forstlichen Unternehmungen zusammenfassend und vergleichend zu behandeln, ist noch nicht gemacht worden. Er müßte, um erschöpfend zu sein, den ganzen Erdkreis umfassen, denn es gibt nur wenig Gebiete, in denen von einer wirtschaftlichen Erschließung des Waldes noch nicht gesprochen werden kann.

Nachstehend sollen nur einige Momente angedeutet werden:

Im allgemeinen tritt in der forstlichen Wirtschaft das Unpersönliche stark hervor, aber nur durch Rechtssubjekte öffentlicher Art (Staat und Gemeinden); private Unternehmungen wie Aktiengesellschaften u. dgl. sind von Bedeutung wohl nur in Norwegen und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, eigenartig ist der Waldbesitz in Oesterreich durch große adelige Herrschaften. Der eigentliche Träger der Forstwirtschaft ist daher vorwiegend nicht der Waldbesitzer, sondern der Beamte. Rein forstliche Unternehmungen sind, vom Standpunkt des Unter-

1) Um ein Beispiel aus anderem Fach zu bringen: Die Anatomie des Brustkorbes ist Naturwissenschaft, die Resektion einer Rippe als Heiltätigkeit ist Kunst, die Untersuchung der verschiedenen Methoden für eine solche Operation ist medizinische Wissenschaft.



nehmers gesprochen, in der Minderzahl: beim Staat, bei der Gemeinde, beim waldbesitzenden Grandseigneur, beim bäuerlichen Waldbesitzer, bei der großen Holzfirma ist die Forstwirtschaft nur ein Teil, häufig sogar ein relativ zurücktretender Teil der Gesamtwirtschaft. Für die Entwicklung des Forstwesens, die Bildung von Interessenvertretung, den Fortschritt der Wissenschaft und Technik usw. ist das von größter Bedeutung; der großzügige, rücksichtslos vorwärtsdrängende Unternehmertypus der Industrie tritt ebenso zurück wie das einseitig seine Interessen verfolgende Agrariertum, administrative, politische und soziale Rücksichten spielen stark herein bei der Feststellung des Wirtschaftszieles. Dem Beamtentum fehlt der mächtige Impuls des eigenen Vorteils; dadurch besteht die Gefahr der Erstarrung und Schablonisierung, dafür tritt zurück die Gefahr des Raubbaues, d. h. das Erstreben augenblicklicher Erfolge zum Nachteil einer späteren Zukunft, was um so bedeutungsvoller, als gerade bei der Forstwirtschaft eine derartige Ausschreitung leicht möglich ist.

### B. Das forstliche Unternehmen.

§ 9. Die zur Waldbewirtschaftung geschaffene oder zu schaffende Organisation fügt sich in die Gesamtwirtschaft des Unternehmers in höchst verschiedenartiger Weise ein, je nach den Aufgaben, die ihr für sich und für die übrige Wirtschaft sowie etwaige nicht wirtschaftliche Sonderinteressen des Unternehmers obliegen.

Mehr als bei vielen anderen Wirtschaftszweigen ist hiebei eine Eigenart von Bedeutung, die außerordentlich verschiedene Größe der Unternehmungen. Welch ein Unterschied zwischen der Staatsforstverwaltung des russischen Reiches und den wenigen ar Streuland des Kleinbauern, demgemäß auch in den Aufgaben, welche der Organisation dieser beiden Forstunternehmungen gestellt sind! Auf der anderen Seite erscheinen die organisatorischen Aufgaben wieder gering gegenüber jenen der industriellen Unternehmungen, die oft aus dem Nichts hervorgestampft werden, in stetem Fluß technischer und ökonomischer Umwälzungen sich befinden, in unablässiger Arbeit um die Grundlagen ihrer Existenz zu kämpfen haben. Die Forstwirtschaft hat demgegenüber zumeist ihren gegebenen Umfang in der historischen Entwicklung des Besitzes, ihre ökonomischen Grundlagen ändern sich nur langsam und ihre Technik ist schon durch den Faktor Zeit an eine gewisse Stetigkeit der Entwicklung gebunden. Diese organisatorische Eigenart hat ihre Wirkung auf den Erfolg der Tätigkeit des Unternehmens. Ein völliger, rascher Zusammenbruch eines forstlichen Betriebes, wie bei Fabriken häufig, ist fast ausgeschlossen, ebenso aber auch ein gewaltiger Gewinn.

Zu den Fragen, die hier zu besprechen sind, gehört noch der Komplex von Problemen, die man in der Landwirtschaft unter Agrarverfassung und Grundentlastung zusammenfaßt. Es mag genügen, darauf hinzuweisen, daß, nach dem Charakter der Wirtschaft, das Waldeigentum nicht den tiefgreifenden kulturellen und sozialen Einfluß hat wie der Landbau und daß auch durch die Besitzverhältnisse die Waldbewirtschaftung zumeist nicht so für die ganze Lebensführung eines Volkes ausschlaggebend werden kann wie dort, ferner daß gewisse Formen der Bewirtschaftung, wie z. B. Verpachtung, Belastung mit Hypotheken nicht gut möglich ist. Auch ist im allgemeinen intensiver Betrieb eher beim Großbesitz durchzuführen als beim Kleinbesitz. Dadurch ergeben sich wichtige soziale Abweichungen. Es wird nirgends auf forstlichem Gebiete etwas geben, was man dem Bauernstand zur Seite stellen könnte. Die Forstwirtschaft trägt eben im ganzen mehr den Charakter des öffentlichen Unternehmens, auch dann, wenn sie privat ist. Die Grundentlastung hat zumeist nur noch geschichtliches Interesse; für Deutschland

ist sie gegenwärtig nur für wenige Länder, hier aber um so mehr, von Bedeutung (hauptsächlich in Bayern durch die Belastung mit Forstrechten).

### C. Die Tätigkeit des forstlichen Unternehmens.

§ 10. Die wirtschaftliche Arbeit kann man nach zwei Gesichtspunkten betrachten, äußerlich nach dem Verlauf und innerlich nach den zugrunde liegenden Zielen und Erwägungen.

Der äußere Verlauf des Wirtschaftsprozesses zeigt überall die notwendigen Momente der Anordnung, Ausführung und Abgleichung; die Ausführung als die eigentliche Bewältigung der Materie hat die drei Momente der Einleitung, Sicherung und Beendigung des Prozesses.

Jeder einzelne Wirtschaftszweig hat hier, bedingt durch die Eigenart seines Objektes, die einzelnen Momente in verschiedenartiger Weise ausgebildet. Es soll hier nur angedeutet werden, daß für die Forstwirtschaft besonders von Einfluß ist:

Die räumliche Ausdehnung des Wirtschaftsobjektes,
die Gebundenheit des Standorts der Produktion,
der lange Zeitraum zwischen Einleitung und Beendigung der Produktion,
das Vorwiegen der Naturkräfte,
die Unbestimmtheit der „Reife" des Produktes.

Hiezu kommt noch die aus dem Charakter der Bodenwirtschaft entspringende Beschränktheit der räumlichen Erweiterung der Gesamtwirtschaft.

Aus all diesen Verhältnissen ergibt sich:

1. geringe Beweglichkeit der Betriebsformen und
2. geringe Entwicklungsfähigkeit der Produktivität.

§ 11. In der technischen Arbeit der meisten Industrien und Gewerbe, zum Teil auch der Bodenkultur hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte ein derartiger Umschwung vollzogen, daß man von einem grundlegenden Unterschied, nämlich von empirischer und moderner (rationeller) Technik sprechen kann[1]). Das Kennzeichen der letzteren ist die Läuterung der Arbeitserfahrung zur Naturerkenntnis, das Herleiten der Arbeitsformen von Naturgesetzen. Die moderne Technik ist „die auf Kausalerkenntnis fundierte und an der Arbeitserfahrung weitergebildete Kunst der rechten Arbeitsführung, während die empirische Technik an dem durch Herkommen übertragenen Arbeitsvorgang festhält und ihn nur durch Uebung und Probieren zu verbessern sucht."

Das volle Verständnis der Eigenart der Forstwirtschaft erschließt sich erst der geschichtlichen Betrachtung und dem Vergleich mit anderen Wirtschaftszweigen.

Ursprünglich hat — wenigstens für die germanischen Völker — der Wald einschließlich seiner natürlich vorhandenen Tierwelt ohne förmliche Wirtschaft alle elementaren Bedürfnisse befriedigt, Wohnung, Kleidung, Nahrung, Schutz, er war sogar Stätte des religiösen Kultus. Die steigende Kultur schaffte immer neue Werte und läßt heute den Anteil des Bodens, des Waldes und seiner Produktion relativ mehr und mehr zurücktreten. Für diese Minderung der wirtschaftlichen Bedeutung ist in den letzten Dezennien eine erhöhte Schätzung der ethischen, ästhetischen und hygienischen Wirkung des Waldes eingetreten.

1) v. Gottl-Ottilienfeld a. a. O. S. 14.



Die dermalige Bewirtschaftung des Waldes erblickt in der Erzeugung von Forstprodukten — Holz und anderen Baumteilen — ihre Hauptaufgabe. Die Technik dieser Tätigkeit kann grundsätzlich nicht von der Technik der übrigen wirtschaftlichen Arbeit abweichen, in Maß und Art dagegen wohl eine andere Entwicklung nehmen. Dies ist nun tatsächlich der Fall; sowohl in bezug auf Umfang und Intensität des Betriebes als auf die Art, wie die technischen Aufgaben gelöst werden, hat die Forstwirtschaft einen selbst von der Landwirtschaft abweichenden Weg eingeschlagen — nicht immer zu ihrem Vorteil.

Während die Produktionstechnik im engeren Sinne, die Begründung und Erziehung der Bestände sich mehr von der Natur entfernt hat als nötig war und dadurch auf Kräfte verzichtete, die kostenlos geboten waren, steht die Ausbildung der Maschine für Ernte und Verkehr ebenso zurück wie die Bildung neuer Organisationsformen und die Uebertragung der schon seit 50 Jahren klar formulierten ökonomischen Erkenntnis in die Praxis. Die Forstwirtschaft arbeitet, von Ausnahmen abgesehen, nicht in der Art und in dem Tempo der kapitalistischen Betriebe unserer Zeit. Sie ist namentlich weder technisch noch organisatorisch imstande, auf Probe zu verkaufen und rasch zu liefern. Dadurch blieb die Produktivität der in ihr steckenden Kapitalien im allgemeinen hinter der schon heute erreichbaren Höchstspannung wesentlich zurück.

Auf die Dauer sind solch starke Differenzen in der Entwicklung auch für die übrigen Zweige der Volkswirtschaft schädlich. Die Kritik dieses Zustandes erfolgt am besten negativ, durch Gegenüberstellung der erreichten Stufe bei den übrigen Wirtschaften, insbesondere der Industrie. Hier hat sich im Laufe des vorigen Jahrhunderts, hauptsächlich seit 1850 in Westeuropa und Amerika ein Umschwung vollzogen: erstlich hat der Großbetrieb eine erheblichere Verbreitung gefunden, zweitens ist ein bisher nicht dagewesenes Tempo im Fortschritt jeder Art eingetreten. Als charakteristisch für die heutige Technik ist anzusehen [1]):

Die schwere Handarbeit wird durch Maschinen und Vorrichtungen aller Art ersetzt oder erleichtert.

Durch neue Motoren aller Art werden die aus der Natur fließenden Kraftmittel für den Menschen in ungeheurer Weise gesteigert.

Die bessere Verwertung und Ausnutzung der Naturschätze sowie der Nebenprodukte von verschiedenen Fabrikationen nimmt zu.

Es findet immer mehr eine Teilung der Arbeit durch die Maschine, sowie eine Massenerzeugung billiger Bedarfsartikel statt und damit gleichzeitig eine Steigerung der quantitativen Leistung des Arbeiters.

Durch Einführung besonderer Werkzeugmaschinen wird die Präzision der mechanischen Arbeit auf eine viel größere Höhe erhoben als bei der Handarbeit, und zwar bis zur Auswechselbarkeit aller Teile ohne Nacharbeit von Menschenhand — also eine Steigerung der qualitativen Leistung des Arbeiters. Bei der Herstellung der kleinsten Gebrauchsgegenstände wie der größten Kulturwerke wird mit einer zunehmenden Ersparnis an Zeit gearbeitet.

Beim Transport der Menschen und Dinge findet ebenfalls ein stetiger Fortschritt in Ersparnis an Zeit und Kosten statt. Der Mensch wird immer weniger abhängig von Raum und örtlichen Entfernungen.

Die menschliche Arbeit steigt im Werte bei gleichzeitiger Abkürzung der Arbeitszeit. Mit dem Ersatz menschlicher Arbeit wird das dafür in Maschinen und Immobilien angelegte Kapital immer größer.

Die Schwierigkeit, genügende menschliche Arbeitskraft zu erhalten, sowie der steigende Wert der menschlichen Arbeit zwingen zu immer neuen Erfindungen und arbeitsparenden Maschinen.

Trotz der menschliche Arbeit ersparenden Maschinen wird die Nachfrage nach gelernten und ungelernten Arbeitern immer größer, dadurch steigern sich die sozialen Schwierigkeiten mehr wie die technischen.

In der ganzen Lebensführung steigert sich das Tempo des Denkens und Handelns.

---

1) v. Oechelhäuser, Technische Arbeit einst und jetzt, S. 17.

§ 12. Der innere Vorgang bei der wirtschaftlichen Tätigkeit ist sehr verwickelt. Eine Zergliederung der hiebei stattfindenden, teilweise widerstreitenden Erwägungen hat zuerst der Münchner Nationalökonom F. v. Hermann vorgenommen. Sehr guten Einblick gewähren aber, besonders von der technischen Seite, die eingangs erwähnten Untersuchungen von E. Herrmann.

Man hat bei jeder wirtschaftlichen Tätigkeit zweierlei zu unterscheiden, die Technik und die Oekonomik. Die Technik strebt möglichste Vollkommenheit und Sicherheit in der Verwirklichung des Gedankens an, die Oekonomik fordert größte Gewinne bei kleinstem Aufwand. Wenn man nun auch von einem spezifisch technischen und spezifisch ökonomischen Weg zum Ziele sprechen kann und unter ersterem die Bewältigung der Arbeitsaufgabe durch Kunsteinrichtungen und Vorkehrungen, unter letzterem die Erreichung des Zweckes durch rein dispositive Maßnahmen (Vergrößerung des Aufwandes, Kostenersparnis) versteht, so sind doch Technik und Oekonomik eng verbunden, bedingen und beschränken sich gegenseitig. E. Herrmann[1]) nennt die Oekonomik nichts als eine kritische Methode, eine fortlaufende Denkarbeit, welche die Arten und Größen der natürlichen Vorgänge auf ihren Wert für die Unternehmung prüft und abwägt. Aus diesem Verhältnis ergeben sich wichtige Folgerungen für die Systematik, indem man in und neben der Stoffbewegung — allerdings nur begrifflich — eine Wertbewegung ausscheiden kann.

§ 13. Das Verhältnis der ökonomischen (wirtschaftlichen) zur technischen Arbeit im allgemeinen kennzeichnet Gottl-Ottilienfeld[2]) mit den Worten: Technik ist die Kunst des rechten Weges zum (technischen W.) Zweck; Wirtschaft ist die Kunst des richtigen Ausgleichs unter den Zwecken aus dem Gesichtspunkt ihrer Erfüllung. Zu näherer Ausführung folgt noch, was eine Denkschrift des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieurvereine sagt[3]):

„Die technische Leistung vollzieht sich niemals so, daß das im engeren Sinne ‚technisch Mögliche' in Frage stünde, sie vollzieht sich vielmehr stets unter Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen, sozialen und wirtschaftlichen Verhältnisse. Die technische Leistung ist ein Ausgleich zwischen dem technisch Möglichen einerseits und dem rechtlich und ethisch Zulässigen sowie dem wirtschaftlich Erfolgreichen andererseits. Infolgedessen muß auch der Techniker bei seiner technischen Arbeit stets mit dieser Begrenzung alles Technischen rechnen.

Die technische Wissenschaft wird sich in gewisser Beziehung demnach auf den Fächern aufzubauen haben, in denen die erwähnten Schranken aller technischen Arbeit in wissenschaftlichem Zusammenhang erklärt werden. So erscheinen diese Fächer als wesentliche Bestandteile der wissenschaftlichen Fachbildung des Technikers.

Gerade in ihrer engeren Berufssphäre als Baukünstler und Konstrukteure sollen die akademischen Techniker die stete Bindung ihres Wirkens an Paragraph und Preis nicht als einen fremden und lästigen Zwang empfinden, dem sie sich nur widerwillig beugen, sie sollen vielmehr für diesen bedingenden Zusammenhang ein wissenschaftliches Verständnis schon auf der Hochschule gewinnen.

Ein systematischer, dem Wesen der technischen Hochschule angepaßter Unterricht in den wirtschafts- und rechtswissenschaftlichen Fächern ist auch für die künftige Lebensstellung aller akademischen Techniker von großer Tragweite. Sie stehen, sei es im Staatsdienst, sei es im Privatdienst, sei es als freie Baukünstler oder Ingenieure, stets mitten im Wirtschaftsleben und müssen sich dort behaupten.

Wieviel aber für den Techniker in seiner eigenen Berufssphäre davon abhängt, ob er die sozialen und wirtschaftlichen Zusammenhänge, in die er verwoben ist, geistig auch zu beherrschen weiß, das ist leicht gesagt.

Alle technische Leistung, wenn man von ihrer manuellen Durchführung absieht, schließt zwei Hauptrichtungen geistiger Arbeit in sich, nämlich: einerseits die rein technische Konstruktion bzw. den künstlerischen Entwurf, und andererseits die Maßregeln zur Ueberführung derselben in die Wirklichkeit — die Disposition. Die Konstruktion führt die technische Arbeit aus, die Disposition bringt ihr den Erfolg."

1) A. a. O. S. 45—47. 2) A. a. O. S. 24.

3) Rechts-, Staats- und Wirtschaftswissenschaften an den technischen Hochschulen Berlin 1910 S. 5.



## II. Gliederung.

### 1. Geschichte und Kritik der Lehrsysteme.

§ 14. Ein System der Forstwissenschaft wird sich von einer systematischen Darstellung der Forstwirtschaftslehre in der Grundlage unterscheiden müssen. Die Lehre geht von der Anleitung zu einer künftigen praktischen Tätigkeit aus, die Wissenschaft von der Betrachtung der früheren und gegenwärtigen Tätigkeit als Erscheinung; die Abgrenzung und Gliederung der ersteren ist eine, hauptsächlich von dem Bedürfnis der praktischen Berufsbildung ausgehende Zweckmäßigkeitssache, jene der letzteren eine Prinzipienfrage.

Interessant ist, daß ein aus dem Jahre 1775 stammendes Werk von Johann Gottlieb Gleditsch den Titel führt „Systematische Einleitung in die neuere, aus ihren eigentümlichen physikalisch-ökonomischen Gründen hergeleitete Forstwissenschaft".

Die heute übliche Einteilung der Forstwirtschaftslehre und deren Stoffabgrenzung, die auf dem Vorgange Hundeshagens (1821) beruhen, diesem gegenüber — prinzipiell! — nur wenig belangvolle Aenderungen aufweisen, auch der Anordnung dieses Handbuches zugrunde liegen, können für den Zweck der Lehre als entsprechend anerkannt werden.

Nach der Auffassung Hundeshagens[1]) umfaßt „die forstwissenschaftliche Theorie in ihrem ganzen Umfange":

A. Die Vorbereitungs- oder Hilfswissenschaften (mathematische, naturwissenschaftliche, rechtliche Wissenschaften und Staatswissenschaft),

B. die Haupt- oder eigentliche Forstwissenschaft.

Hundeshagen fährt dann weiter[2]):

„Die Hauptwissenschaft selbst zerfällt in zwei wesentliche, besondere Teile, nämlich:

in die Forstwirtschaftslehre und

in die Forstpolizeilehre.

Die Forstwirtschaftslehre umfaßt diejenigen Kenntnisse, wodurch der Zweck und Gegenstand der Forstwissenschaft durch den Einzelnen, also durch eine vollkommen kunstgerechte und wirtschaftliche Behandlung des Holzlandes, oder unmittelbar erreicht werden kann, wogegen die Forstpolizeilehre von den besonderen Maßregeln handelt, wodurch die oberste Staatsgewalt jenen Zweck auch noch mittelbar zu befördern hat. Das ganze System der Forstwissenschaft läßt sich in folgender Weise schematisch darstellen:

Forstwissenschaft.

I. Forstwirtschaftslehre.

A. Produktionslehre.

a) Vorbereitender Teil.
- 1. Allgemeine Forstbotanik.
- 2. Boden- und Gebirgskunde.
- 3. Klimatologie und Pflanzengeographie.
- 4. Besondere Forstbotanik.

b) Angewandter Teil.
- 1. Waldbau.
- 2. Forstbenutzung.
- 3. Forstschutz.

1) Enzyklopädie der Forstwissenschaft, 4. Auflage, I. Bd. S. 10.
2) Enzyklopädie, 4. Auflage S. 11.

B. Gewerbslehre.

a) Forstwirtschaftsbestand. { 1. Forstvermessung. 2. Forstbeschreibung.

b) Forststatik.

c) Wirtschaftssystem. { 1. Betriebssysteme. 2. Forsteinrichtung.

d) Forstabschätzung. { 1. Naturalabschätzung. 2. Geldertragsberechnung.

e) Haushaltskunde. Geschäftseinrichtung und Führung.

II. Forstpolizeilehre.

A. Vorbereitender Teil. { Vorkenntnisse aus der allgemeinen Staatswissenschaft, aus der Staatswirtschaft insbesondere, sowie aus der Polizei- und Rechtswissenschaft.

B. Angewandter Teil. { 1. Allgemeine Polizeimaßregeln. 2. Besondere Polizeimaßregeln.

Die Gründe für die beiden Hauptteile dieses Systems (I. und II.) sind bereits angegeben. Denn die Forstwirtschaft kann vorweg einmal, wie jedes andere Gewerbe, für sich und ohne alle Beziehung auf den Staat betrachtet werden. In jedem ähnlichen Gewerbe unterscheidet man aber wieder zwischen der Kunst des Erzeugens und der des Gewerbshaushalts."

§ 15. Heß, der sich nach Hundeshagen am eingehendsten mit der Systematik der Forstwissenschaft befaßt hat, unterscheidet in seiner Enzyklopädie und Methodologie der Forstwissenschaft (I. Teil S. 117) drei Hauptgruppen:

**A. Grundwissenschaften.**

I. Mathematik,
II. Naturwissenschaften (reine und forstlich angewandte),
III. Theoretische Nationalökonomie.

**B. Fachwissenschaft.**

I. Forstwissenschaft als Privataufgabe,
II. Forstwissenschaft als Staatsaufgabe (Forstpolizei, Staatsforstwirtschaftslehre (inkl. Forststatistik), Forststrafrechtspflege).

**C. Hilfswissenschaften.**

I. Staats- und Kameralwissenschaft,
II. Rechtswissenschaft,
III. Landbauwissenschaft,
IV. Technologie,
V. Bau- und Ingenieurwissenschaft,
VI. Jagdkunde,
VII. Fischereikunde.

Die Heßsche Stoffabgrenzung kann insofern als ein Fortschritt betrachtet werden, als die vorbereitenden Naturwissenschaften von der Fachlehre abgeschieden sind. Auch die Unterscheidung von Grund- und Hilfswissenschaften ist im Prinzip zutreffend, fraglich erscheint, ob die Definition und die Ausscheidung im einzelnen anerkannt werden können.

Heß sagt a. a. O. S. 117, die Grundwissenschaften bilden das unerläßliche Fundament, ohne welches die Fachwissenschaft nicht verstanden werden kann, die Hilfswissenschaften „haben nur den Charakter von Nebenfächern, welche den Blick

erweitern, das Urteil schärfen, über die Beziehungen, in welchen das Forstwesen zu verwandten Gewerben steht, belehren und bei den verschiedenen Akten forstlicher Tätigkeit ersprießliche Dienste leisten".

Um hier zu einer klaren Auffassung und Abscheidung zu kommen, ist es nötig, auf die oben unter I 1 und 2 gegebenen Ausführungen zurückzugreifen. Die forstliche Produktions technik bedarf erstlich der Kenntnis der natürlichen Vorgänge, welche dem Produktionsprozeß zugrunde liegen und zweitens der Technik verschiedener anderer Wirtschaftszweige, z. B. der Baukunde, des Maschinenbaues; die forstliche Oekonomik bedarf der Kenntnis derjenigen Vorgänge des wirtschaftlichen Lebens, welche Gegenstand der politischen Oekonomie sind, die Organisation des forstlichen Betriebs bedarf der Kenntnis des sozialen und staatlichen Lebens, sowie zur Bemessung und Leitung der von ihr zu behandelnden Massen und Werte der Technik der Meßkunde und der Methode der Statistik.

Man wird demnach unterscheiden müssen:

a) Die Grundwissenschaften d. i. diejenigen Wissenschaften naturwissenschaftlicher und geisteswissenschaftlicher Art, welche als Gegenstand ihrer Forschung jene Vorgänge und Erscheinungen haben, die für die Forstwirtschaft und damit mittelbar für die Forstwissenschaft von Bedeutung sind;

b) die Hilfswissenschaften, d. i. diejenigen Wissenschaften, welche Tätigkeitsgebiete zum Gegenstand haben, deren Technik und Methodik auch für die Zwecke der Forstwirtschaft notwendig ist [1]).

Ganz auszuscheiden aus der Betrachtung haben jene Wissenschaften, welche Wirtschaftszweige zum Gegenstand haben, die für die Forstwirtschaft nur als Nebenbetrieb, also zufällig in Betracht kommen, es sind das Landwirtschaftslehre, Fischereikunde und nach den oben gegebenen Darlegungen auch Jagd. In dieser Hinsicht war Hundeshagen klarer und folgerichtiger als seine Nachfolger.

§ 16. Hinsichtlich der Fachlehre selbst besteht vor allem, auch bisher schon, eine Unklarheit oder wenigstens ein Zweifel über die Stellung der Forstpolitik. Heß spricht in der Einleitung zu seiner Enzyklopädie von „Privatforstwirtschaftslehre" als einer Forstwissenschaft im engeren Sinn. Eigentlich noch eher als bei Heß dringt schon bei Hundeshagen das Gefühl durch, daß die „Forstpolizeilehre" der „Forstwirtschaftslehre" gegenüberstehe und nur durch den Zweck der Lehre mit ihr verbunden sei. Nach der in gegenwärtiger Abhandlung vertretenen Auffassung besteht kein Zweifel, daß die Forstpolitik im System der Forstwissenschaft keinen Raum findet und der Staatswissenschaft (Verwaltungslehre) zuzurechnen ist.

§ 17. Was nun die Gliederung der Privatforstwirtschaftslehre bisheriger Auffassung anlangt, so ist die entscheidende Frage, ob die Hundeshagensche Scheidung oder vielleicht darf man auch sagen Gegenüberstellung (Produktionslehre — Gewerbslehre) logisch begründet ist. Hundeshagen faßt (a. a. O. S. 13) die Produktionslehre auf als „die forstliche Erzeugung im engeren Sinne", die Gewerbslehre als die Lehre von den Kenntnissen und Hilfsmitteln, „womit man das Gewerbe als bürgerliche Beschäftigung als Erwerbs- und Unterhaltgegenstand zu betreiben imstande ist". Daß man die auf die unmittelbare Hervorbringung der Produkte gerichtete Tätigkeit der gesamten übrigen gegenüberstellen kann, erscheint nicht zweifelhaft. Hundeshagen legt nun für diese

1) Nur in diesem Sinne kann man von „angewandten" Wissenschaften sprechen. (Vgl. Marshall a. a. O. S. 90.)



letztere offenbar den Schwerpunkt auf die Oekonomik. Allein er muß zu diesem Hauptteil auch Disziplinen rein technischer Natur wie Forstvermessung und Forstbeschreibung und weiter die Organisation (Haushaltskunde) rechnen. Aus diesem Grunde wohl sind Heß und mit ihm alle späteren Schriftsteller dazu gekommen, diesen Hauptteil mit Betriebslehre zu bezeichnen. Will man wirklich die darunter fallenden Lehrgegenstände umfassend kennzeichnen, so wäre zu schreiben Betriebs- und Gewerbslehre.

Besonders zu bemerken ist hier noch, daß Hundeshagen in der starken Betonung des Oekonomischen und in der theoretischen Schöpfung des statischen Vergleichs seiner Zeit vorausgeeilt war. Durch die „technische" Richtung der nachfolgenden Jahrzehnte sind diese Anfänge ebenso unbeachtet geblieben wie der von ihm systematisch — in der Scheidung Forsteinrichtung und Naturalabschätzung — zum Ausdruck gebrachte und jetzt erst wieder von C. Wagner in voller Schärfe erfaßte Unterschied zwischen räumlicher und zeitlicher Ordnung des Betriebs. Die eben angedeutete Unklarheit im Hundeshagenschen System ist schon lange gefühlt worden und dadurch zum Ausdruck gekommen, daß mehrfach Bedenken ausgesprochen wurden, weil die Stellung der Statik Schwierigkeiten machte[1]) Die von Hundeshagen eingeführte Bezeichnung hat im Laufe der Zeit einen teilweise anderen Inhalt bekommen. Hundeshagen verstand unter Statik[2] „den Inbegriff aller, den Erfolg (Ertrag, Einkommen x.) bestimmenden endlichen Ursachen, sowie aller denselben bemessenden Verhältniszahlen". Er beschränkte den Stoff der Disziplin nicht auf die Rentabilitätsrechnung, sondern zog auch die Messung des Naturalertrags in deren Bereich und charakterisierte sie deshalb zusammenfassend in weiterem Sinne als „die Meßkunst der forstlichen Erträge und Erfolge".

Heß wie Martin haben deshalb eine ganz zutreffende Konsequenz gezogen, wenn sie aussprachen, daß die Statik — als Methode — in alle Disziplinen einschlägig sei.

Von besonderem Interesse ist die unter I B. c. von Hundeshagen ausgeschiedene Disziplin „Wirtschaftssystem". Er gibt dazu in der Enzyklopädie 2. Bd. S. 83 folgende Definition:

„Die land- und forstwirtschaftlichen Betriebssysteme haben ihre Entstehung nicht dem Zufalle oder persönlichen Ansichten oder Launen zu verdanken, sondern sind aus örtlichen, zeitlichen und persönlichen Verhältnissen ganz unbedingt natürlich hervorgegangen und auf jene dann auch allerwärts so unbedingt gegründet wie die Vegetation, Beschäftigungs- und Lebensweise". Werner Sombart „Der moderne Kapitalismus" unterscheidet zwischen Betrieb und Wirtschaft. Betrieb ist Arbeitsgemeinschaft, Wirtschaft Verwertungsgemeinschaft. Wirtschaftssystem ist nach ihm eine Wirtschaftsordnung mit einem oder mehreren vorstechenden Prinzipien. Für eine bestimmte Umschreibung und Entwicklung des sachlichen Inhalts für die Begriffe System, Methode, Verfahren, fehlt zur Zeit noch die grundsätzliche Klarstellung in der Nationalökonomie. Verf. ds. hat in den Studien S. 38 vorgeschlagen unter Verfahren zu verstehen die Akte der physischen Arbeit, die Vorgänge, bei denen die Arbeitskraft zur mechanischen Bewegung wird; unter Methoden die geistige Tätigkeit bei Anordnung eines Komplexes von Verfahren, die Art des Vorgehens zur Erreichung einer wirtschaftlichen Aufgabe, die Arbeit eines Or-

1) Martin, Forstw. (Ztrbl. 1908, S. 321), auch Heß, Enzyklopädie S. 4, ferner Dr. Glaser (Zentrbl. f. d. g. Forstwesen 1912, S. 310).

2) Enzyklopädie, 2. Bd. S. 29.

gans der Wirtschaft, unter System die Anordnung, wie die Organe ineinanderzugreifen haben mit Rücksicht auf den Gesamtzweck. Als Wirtschaftssyteme wurden demgemäß z. B. betrachtet die Buchen- und Eichenwirtschaft des Spessart, die Nadelstarkholzzucht gewisser Gebiete des Schwarzwaldes, die Fichtenwirtschaft in Sachsen, die Schälwaldwirtschaft am Rhein, im Odenwald, der Waldfeldbau in Hessen usw. — Endres überschreibt einen Abschnitt seiner Forstpolitik (S. 85) „Die Wirtschaftssysteme (Umtriebszeiten)" und stellt in diesem Sinne die Bodenreinertrags- und die Waldreinertrags wirtschaft gegenüber. (Die Umtriebsbestimmung allein dürfte — weil nur ein einzelner Akt — keinesfalls als System bezeichnet werden). C. Wagner entwickelt in seinem neuesten Werk den Blendersaumschlag als Grundlage eines Systems. Es ist in einem Falle ein ökonomisches (die zeitliche Ordnung), im andern Fall ein technisches Prinzip (die räumliche Ordnung) als durchgreifend aufgestellt. Daß aus einer Verjüngungs- und Erntemethode, wie es der Blendersaumschlag ist, eine eigenartige Form der Wirtschaft entstehen kann, wenn diese Methode auch auf die übrigen Akte wirtschaftlicher Tätigkeit starken Einfluß hat, erscheint nicht zweifelhaft; fraglich erscheint, ob ein ökonomisches Prinzip allein systembildend werden kann. Aus der äußeren Erscheinung der Wirtschaft kann man nicht entnehmen, welches Prinzip der Rentabilitätsrechnung maßgebend ist. Die völlige Klärung dieser Fragen muß einer späteren Untersuchung überlassen werden.

Waldwertrechnung ist im Hundeshagenschen System nicht besonders aufgeführt, sondern unter Statik abgehandelt. Diese Auffassung erscheint zutreffend. Die Berechnung der der Wirtschaft zugrunde liegenden Kapitalwerte ist vom Standpunkt des Betriebes und des Wirtschaftszweckes keine selbständige Tätigkeit, sondern nur ein Teil der Arbeiten, die wir Statik nennen. Als selbständige Aufgabe kommt Waldwertberechnung nur als vorbereitende oder abschließende Arbeit für Kauf oder Verkauf, also außerhalb der eigentlichen Betriebsführung in Frage.

### 2. Das organische System.

§ 18. Die Ableitung des Begriffs einer Forst wissenschaft — wie oben unter I dargelegt — führt in ihrer Konsequenz dazu, auch eine Systembildung in diesem Sinne vorzunehmen. Die Gliederung einer solchen Wissenschaft ergibt sich als Folgerung einerseits aus ihrem Prinzip, das in der Untersuchung der forstlichen Unternehmung beruht, andrerseits aus der Eigenart eben dieses Objekts. Es handelt sich dabei weniger darum, ein System als fertiges Lehrgebäude zu geben, in das man das vorhandene Wissen einzuordnen vermag — in dieser Hinsicht hat Hundeshagen und nach ihm Heß etwas geliefert, was sich recht symmetrisch anschaut —, sondern es wird Gewicht darauf zu legen sein, daß die systembildenden Momente erforscht und klargestellt werden.

Das Hauptprinzip für die Gliederung der Wissenschaft wird aus der Art der Forschung zu nehmen sein, die ihrerseits wieder bedingt wird durch ihr Objekt. Die Forschung kann von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen; hiedurch ergeben sich verschiedene Wissensgebiete, die Disziplinen.

Es ist klar, daß die Forstwissenschaft sich in derselben Weise gliedern muß, wie alle ihre gleich gearteten Wissenschaften, also insbesondere die Wissenschaften der übrigen Wirtschaftszweige wie Landwirtschaft, Bergbau, Hoch- und Tiefbau, sonstige Gewerbe. Es läge nahe, hier Vorbilder zu suchen. Nach dem dermaligen Stande dieser gewährt jedoch eine Uebertragung keine Förderung; auch sie stehen noch auf dem Stand der Lehre.



Nachdem die Hauptschwierigkeit zur Bestimmung der Forschungsgebiete darin beruht, daß es sich bei den Wirtschaftswissenschaften um geistige Vorgänge und Erscheinungen, um Systeme, Methoden und Verfahren, also um lediglich begrifflich zu erfassende Untersuchungsobjekte handelt, erscheint es förderlich, zunächst zu sehen, wie Wissenschaften, deren Objekt reale Erscheinungen und zwar Organismen sind, ihre Forschungsgebiete entwickeln. Es zeigt sich nun, daß in der Naturwissenschaft die tierischen und pflanzlichen Objekte nach drei Richtungen, nach ihrem Vorkommen, nach ihrer Beschaffenheit und nach ihren Lebensäußerungen untersucht werden. Es besteht kein Zweifel, daß die gleiche Art des Vorgehens auch für die Personifikation des homo oeconomicus, im vorliegenden Fall die forstliche Unternehmung, anwendbar ist. Welche Bezeichnung man diesen Forschungsgebieten und damit — nach Ansammlung der erforderlichen Menge positiver Erkenntnis — diesen Disziplinen geben will [1]) und wie weit man in der begrifflichen Konstruktion gehen kann und darf, ist eine später zu beantwortende Frage. Für die gegenwärtig zu behandelnde Wegweisung — von mehr kann einstweilen nicht die Rede sein — erscheint es zweckmäßig, die naturwissenschaftlichen Bezeichnungen herüberzunehmen, weil damit der Inhalt in der einfachsten Weise umschrieben ist.

Wir können hienach folgende Forschungsgebiete unterscheiden.

### A. Geographisch-systemisierende Forschung.

§ 20. Das einzelne Objekt wird als Gesamterscheinung, als Individuum betrachtet. Die Untersuchung geht einerseits auf Vorkommen und Ausbreitung der gleich gearteten Formen — sie ist geographisch — und andrerseits auf Aehnlichkeiten und Abweichungen der gleichgearteten oder zu Gruppen zusammengefaßten Individuen — sie ist systematisch.

Wirtschaftliche Geographie und Systematik sind in der forstlichen Forschung, die sich zumeist auf unmittelbar praktische Zwecke beschränkte, noch wenig entwickelt, obwohl schon Hundeshagen von Wirtschafts- oder Betriebssystemen sprach und ihre Bedingungen zu ergründen suchte [2]). Die Ergebnisse dieser Tatsachenforschung bilden den materiellen Teil der Statistik. Hinsichtlich der systemisierenden Verarbeitung ist besonders darauf hinzuweisen, daß der Beobachtung nur das Individuum — in unserem Falle die Einzelunternehmung — gegeben ist, die weitergehenden Gattungsbegriffe (in der Botanik und Zoologie Art, Gattung, Familie)

1) Von nationalökonomischer Seite (Prof. Dr. Dorn im Archiv für Rechts- und Wirtschaftsphilosophie, V. Bd. Heft 1 S. 161) wurde die Meinung ausgesprochen, daß ich in meinen „Studien x." allzuweit in der analogieweisen Uebertragung von naturwissenschaftlichen Begriffen auf das gesellschaftswissenschaftliche Gebiet gegangen sei. Ich gebe zu, daß dermalen vielleicht noch nicht Anlaß besteht, in solchem Umfang die naturwissenschaftliche Nomenklatur, für die noch kein Inhalt vorhanden ist, zur Anwendung zu bringen; es ist mir hiebei jedoch weniger um Uebertragung von Vorstellungen als um das logische Prinzip der Gliederung und die knappe Bezeichnung eines vorhandenen, aber noch wenig durchforschten wissenschaftlichen Gebietes gewesen, für das zurzeit noch kein sachlicher Name gefunden ist. Ich will durchaus nicht in den Fehler von Schäffle verfallen und die Realität körperlicher Erscheinungen ohne weiteres auf begriffliche Konstruktionen übertragen, aber es ist doch zuzugeben, daß man die Untersuchung von Entstehung, Verbreitung, Ausbildung und Tätigkeit wirtschaftlicher Unternehmungen als besondere Forschungsgebiete auffassen muß; aus der Naturwissenschaft möchte ich aber nicht den Inhalt, sondern nur das System, die Bildung und Abgrenzung der einzelnen Disziplinen, übernehmen. Es ist deshalb in vorliegender Abhandlung weniger weit gegangen als in den „Studien".

2) S. oben am Schlusse von § 17. Wenn forstliche Geographie und Systematik zusammengefaßt werden sollte, so ist es wohl zweckmäßig, dafür die Bezeichnung Forststatistik zu gebrauchen, wiewohl der gewöhnliche Begriff Statistik etwas zu eng für diesen Inhalt ist.

sind Erzeugnisse einer generalisierenden Abstraktion, eines im Wesen der Wissenschaft begründeten geistigen Vorganges, durch welchen aus der Gesamterscheinung gewisse gleichartige Eigenschaften erfaßt und als wesentlich aufgestellt werden.

### B. Morphologisch-anatomische Forschung.

§ 20. Das einzelne Individuum wird betrachtet nach der Organisation, die es sich für die Durchführung seiner Lebenszwecke geschaffen hat.

Es ist hier, um mit L. v. Stein zu sprechen, zu untersuchen das Verhältnis des Ich zu Wille und Tat, d. h. die Vorkehrungen, die der Unternehmer getroffen hat, um seinen Willen zum Ausdruck zu bringen und in die Tat umzusetzen. Diese Vorkehrungen sind sonach zweierlei Art, die Schaffung eines Organs und die Anweisung desselben auf seine Tätigkeit. Es entspricht dies, um von diesen rein abstrakten Sätzen auf die Realität der forstlichen Arbeit zu kommen, dem, was in der Literatur als Diensteinrichtung (die äußere Gestaltung der Organe — Morphologie) und Geschäftsbehandlung (die Organe nach ihrer Funktion im Organismus — Anatomie) behandelt ist.

### C. Physiologisch-biologische Forschung.

§ 21. Dem zweiten, den Organismus als solchen, d. h. in seiner Gestaltung untersuchenden Forschungsgebiete gegenüber ist es Aufgabe des dritten, den Organismus in seiner Arbeit zu untersuchen, die Arbeit als Erscheinung oder „Erlebung“, wie neuere Nationalökonomen sagen, aufzufassen und sie dann als Resultante der Einwirkung äußerer Kräfte zu erklären. Die Auflösung dieses Prozesses in seine einzelne Momente, die Beschreibung der verschiedenen Systeme, Methoden und Verfahren, die Bestimmung der Gesetze, welche den Bewegungen zugrunde liegen, wir können sagen, die Physiologie der wirtschaftlichen Arbeit [1]) ist der eine Teil, die Untersuchung der Entstehung und des Verlaufs der Lebensvorgänge in ihrer Bedingtheit durch die äußeren Verhältnisse des Wirtschaftsobjektes, die Biologie, ist der andere Teil dieses Gebietes.

Es kann fraglich erscheinen, ob es zweckmäßig und zurzeit überhaupt möglich ist, Physiologie und Biologie der Wirtschaft als besondere Forschungsgebiete zu behandeln, wiewohl sich die eben dargelegte Ausscheidung der Naturwissenschaft zweifellos auf die wirtschaftswissenschaftliche Forschung übertragen läßt. Das Schwergewicht der biologischen Forschung liegt — im Gegensatz zur physiologischen — nicht auf dem Objekt selbst, sondern auf dem Medium, in dem es lebt, von dem es beeinflußt wird und auf das es Einfluß ausübt. Die Biologie faßt den Zustand als Stadium einer Entwicklung auf. Vom Standpunkt der Forstwirtschaft wäre hier etwa zu untersuchen: die treibenden Kräfte, das Land, das Volk, die Technik; auch die Beziehungen zwischen Forstwirtschaft und Staat gehören, allerdings nur vom Standpunkt der ersteren betrachtet, hieher. Man könnte übrigens in gewissem Sinne Biologie mit Geschichte — als Darstellung des Werdens — identifizieren [2]).

Die Frage der Ausscheidung mag nun nach der einen oder der anderen Richtung entschieden werden, so ist doch nicht zweifelhaft, daß die weitere Gliederung beider in einem Sinne erfolgen muß. Man kann nämlich wie oben unter I. 3 be-

1) Professor Klein sagt (Lorey-Stötzer, „Handbuch der Forstwissenschaft“, II. S. 23) direkt: „Die Arbeitsleistung des Baumes (Physiologie)“.

2) Einen Einblick in das, was biologische Forschung auf die Forstwirtschaft übertragen, ergeben könnte, zeigt das Buch von Werner Sombert: „Die deutsche Volkswirtschaft im neunzehnten Jahrhundert.“

reits angedeutet, die Tätigkeit des arbeitenden Organismus nach zwei verschiedenen Gesichtspunkten betrachten, nach dem des äußeren Verlaufs der Arbeitsakte und dem der inneren Gründe, d. h. man kann untersuchen, wie die Arbeitsakte entstehen und verlaufen und wozu sie erfolgen. In einem Fall treten uns die Arbeitsgebiete des Betriebes gegenüber, im anderen Fall müssen wir aus dieser Tätigkeit die wirtschaftliche Erwägung begrifflich ausscheiden. Man darf wohl auch sagen: Es wird die Stoffbewegung und die Wertbewegung ausgeschieden.

In den Studien x. S. 50 wurden diese Untersuchungen Mechanik und Dynamik der Wirtschaft genannt. Ich verzichte auf den weiteren Gebrauch dieser Bezeichnungen erstlich, weil in der Naturwissenschaft unter Mechanik die ganze Lehre von den Kräften und Bewegungen unter Ausscheidung von Statik und Dynamik verstanden wird, sodann weil in der forstlichen Systematik unter Statik das behandelt wird, was ich als Dynamik bezeichnete und schließlich noch, weil in der neueren nationalökonomischen Literatur die Worte Statik und Dynamik in anderem Sinne gebraucht werden.

## 1. Die Stoffbewegung.
### (Aeußere Gliederung des Betriebes.)

§ 22. Bei jeder Wirtschaft, welche die Erzeugung von Gütern zum Zwecke hat, sind drei Phasen der Tätigkeit zu unterscheiden, die Anordnung, die Ausführung und die Abgleichung, d. h. die Buchhaltung über die Vorgänge in der Wirtschaft und deren Ergebnis. Damit ist die Gliederung wieder auf dem Punkt angelangt, wo die Tatsachen des forstlichen Betriebes beginnen.

a) Die **Anordnung** entspricht dem, was die Lehre bisher schon unter Forsteinrichtung (Waldertragsregelung, beide im weiteren Sinne) behandelt. Diese scheidet sich in die räumliche und zeitliche Ordnung. (Ueber die Notwendigkeit und Wichtigkeit dieser Unterscheidung vergleiche die von C. Wagner in seiner Räumlichen Ordnung und den weiter anschließenden Arbeiten gegebene Beweisführung.)

b) Die **Ausführung** scheidet sich nach der Natur des technischen Vorgehens in die nachfolgenden drei Gruppen von Aktionen:

1. Die Einleitung und Erhaltung des Produktionsprozesses. Für die forstliche Systematik ergibt sich hier klar der Waldbau.

2. Die Sicherung des Produktionsprozesses. Die hier erfolgende Tätigkeit ist kein im Wesen der Sache gelegenes, unbedingtes Erfordernis; man kann sich Betriebe denken, wo die Verhältnisse so günstig liegen, daß Sicherungsmaßregeln nicht nötig sind; in der Praxis wird allerdings dieser Fall kaum vorkommen. Die Sicherungstätigkeit kann man zunächst enger, nämlich negativ, als Schutz gegen Gefährdungen auffassen und so ergäbe sich für das forstliche System die Disziplin Forstschutz, die ihren Begriff und Inhalt aus dem Prinzip der besonderen, dem Zwecke der Abwehr dienenden Sicherungsmaßregel zu erhalten hat [1]). Die Sicherung kann aber auch positiv erfolgen, als Förderung und hier kommt besonders die Schaffung von Verkehrsmitteln in Betracht. (Ob man Verkehrseinrichtungen, also die Uebernahme des Transportes zum Forstbetrieb rechnen will, ist eine Frage für sich.) Insbesondere diese Tätigkeit kann in der Praxis sehr zurücktreten, wenn entweder, wie auf sandiger Ebene, an sich die Verhältnisse günstig liegen oder durch allgemeine Aufwendungen schon entsprechende Vorsorge getroffen ist. Jedenfalls dürfte es logisch richtiger sein, Waldwegbau hieher

1) Damit rechtfertigt sich die Auffassung von dem selbständigen Charakter dieser Disziplin, wie sie durch v. Fürst in der Literatur mehrfach vertreten wurde.



und nicht zur Forstbenutzung zu rechnen, da diese Arbeiten für die gesamte Produktionstätigkeit von Wert und Nutzen sind.

3. Die Beendigung des Prozesses (Forstbenutzung, deren Gebiet bis zum Herausziehen der Produkte aus dem Bereich des Betriebes zu erstrecken ist).

c) Die **Abgleichung** (Buchhaltung). Für diese Tätigkeit hat die forstliche Lehre noch keine förmliche Disziplin gebildet, obwohl die Arbeit selbst, wenn auch wenig entwickelt, stofflich-technisch in der Buchführung, ökonomisch in der Rentabilitätsberechnung vorhanden ist. Als Teil könnte man etwa darunter verstehen, was C. Heyer in den Nacharbeiten der Forsteinrichtung, die Forsteinrichtungs-Anweisungen unter der Bezeichnung Fortbildung des Forsteinrichtungswerkes aufstellen.

Daß die Aufgaben der Buchhaltung als selbständiger Akt der wirtschaftlichen Tätigkeit aufzufassen sind, ergibt sich klarer als für den vorliegenden Fall der Forstwirtschaft aus der Sachlage beim Handel, auch bei Gewerbe und Industrie [1]). Die Buchhaltung hat die Aufgabe, den durch die Wirtschaft bedingten Kreislauf des Stoffes und Kapitals darzustellen und durch Gegenüberstellung der neu geschaffenen Güterwerte mit den darauf verwendeten Arbeitswerten den Bestand und den Erfolg jedes wirtschaftlichen Unternehmens nachzuweisen [2]). Sie unterscheidet sich sonach wesentlich von den Funktionen der Anordnung und Ausführung. Als ihre Aufgaben im einzelnen sind anzuführen [3]): Größe des Umsatzes, Umsatzschnelligkeit, Art der Kapitalbeschaffung und Kapitalverwendung, die Kapitalbildung; Zusammensetzung der fremden Mittel nach Größe, Art und Zahlungsziel, der Aktiven und Passiven; Kreditverhältnis der Unternehmung; Gliederung des Erfolges, der Unternehmungskosten, Größe des Unternehmereinkommens, Verhältnis zwischen Roh- und Reinertrag; Rentabilität einzelner Betriebszweige, Arbeitsintensität, Verhältnis zwischen Arbeitszeit und Arbeitsleistung, Produktionsfähigkeit des Anlagekapitals, Gestehungskosten der Produktion, Verkehrspreis der Ware, Herstellungskosten und ihre einzelnen Faktoren als Grundlage der Bemessung des Verkehrspreises usw.

## 2. Die Wertbewegung.
### (Die inneren Vorgänge des Betriebs.)

§ 23. Das eigenartige und systematisch schwierig zu fassende Verhältnis von Technik und Oekonomik wurde oben unter I. 3. C bereits behandelt. Was die Technik als Stoff betrachtet, erscheint der Oekonomik als Gut (Wert); die Aufgabe der Forschung, welche die Oekonomik der Forstwirtschaft untersucht, ist also, in der Stoffbewegung die Gesetze der Wertbewegung zu suchen, den ganzen Wirtschaftsprozeß vom Standpunkt der Kapitalbildung zu untersuchen. Die Stofferzeugung wird hier Ausgabe (Aufwand), die Stoffabgabe Einnahme. Wie schon oben erwähnt, ist die Oekonomik keine selbständig neben der Technik laufende Tätigkeit, sondern eine in ihr sich vollziehende kritische Methode. Es kann daher nicht wohl systematisch die unter I. für Stoffbewegung dargestellte Gliederung vorgenommen werden, sondern die Methode ist nur begrifflich als Sonderdisziplin auszuscheiden und der Stoffbewegung gegenüber zu stellen. Die forstliche Lehre hat hiefür die Bezeichnung Statik bereits eingeführt.

1) Vgl. Schriften des Deutschen Volkswirtschaftlichen Verbandes, Bd. III Heft 5, „Die Beziehungen zwischen Buchhaltung, Wirtschaft und Volkswirtschaftslehre".

2) J. F. Schaer, S. 14 des eben genannten Heftes 5.

3) F. Leitner, S. 7 des eben genannten Heftes 5.



Eine Frage ist hiebei nur noch zu besprechen, ob es zweckmäßig ist — denn das ist schließlich Zweckmäßigkeitssache — bei der Darstellung die Statik im alten Hundeshagen'schen Sinne zu fassen (vergl. die Ausführungen unter II, 1) und bei ihr die gesamte Meßkunst — als Methode — zu behandeln, d. h. auch die Holzmeßkunde hinzuzuziehen, oder auch weiterhin an der nun eingelebten Abgrenzung festzuhalten. Mit Rücksicht auf den verschiedenen Charakter der grundlegenden Wissenschaften (Naturwissenschaft — Wirtschaftswissenschaft) dürfte eine gewisse Selbständigkeit gegeben sein. Dagegen erscheint es vorteilhaft, Buchhaltung und Statik bis zu gewissem Grad gemeinsam zu behandeln. Denn Statik ist die Methode der Buchhaltung. Unter diesen Umständen und bei der Verwandtschaft des ganzen Stoffes kann das gesamte Gebiet unter einer Bezeichnung zusammengefaßt werden. Hundeshagen hat weiter Forstvermessung (und Forstbeschreibung), Heß Forstvermessung als besondere Disziplin ausgeschieden. Soweit Bestimmung des Waldareals als forstwirtschaftliche Tätigkeit notwendig ist, dürfte diese Arbeit Gegenstand der Forsteinrichtung sein.

§ 24. In den bisherigen Ausführungen wurde von der Betrachtung der Forstwirtschaft als eines Zustandes ausgegangen. Dieser steht gegenüber eine Betrachtungsweise, welche sich die Erforschung der geschichtlichen Entwicklung als Aufgabe stellt. Diese Forschung kann nach zwei Richtungen gehen, sie kann die individuellen Erscheinungen erfassen und demgemäß die Entwicklung der Forstwirtschaft von Gebieten — irgendwelcher Art — von den sonstigen Vorgängen der Kulturgeschichte absondern oder sie kann — vom Organismus des Einzelunternehmens und seiner Lebenstätigkeit ausgehend — die allgemeinen Entwicklungsgesetze suchen. Die Ergebnisse der geschichtlichen Forschung müssen den anderen Disziplinen als Ganzes gegenübergestellt werden.

## Zusammenfassung.

§ 25. Nach diesen Entwicklungen ergäbe sich also für die systematische Darstellung der Ergebnisse forstwissenschaftlicher Forschung folgende Gliederung der forstlichen Disziplinen:

### A. Systematische Disziplinen.

| | |
|---|---|
| **I. Forststatistik** | Forstliche Geographie<br>Forstliche Systematik |
| **II. Forstorganisation** | Diensteinrichtung<br>Geschäftsbehandlung. |
| **III. Forstbetriebsführung.** | |
| 1. Forsteinrichtung | |
| 2. Produktionslehre | Waldbau<br>Forstpflege (Wegbau, Forstschutz).<br>Forstbenutzung. |
| 3. Buchhaltung (Statik im weiteren Sinne) | Holzmeßkunde<br>Statik (einschl. Waldwertrechnung)<br>Buchführung. |

### B. Forstgeschichte.

**I. Geschichte der einzelnen Gebiete.**

**II. Allgemeine Entwicklungsgesetze.**

### 3. Stellung und Inhalt der Forstpolitik.

§ 26. Begriff und systematisches Verhältnis der Forstpolitik, die beim Hundeshagen'schen System unklar sind, geben sich bei der bisher entwickelten Auffassung ganz von selbst.

Die Forstpolitik als Tätigkeit unterwirft die Forstwirtschaft der Einwirkung des Staates. Der Standpunkt des Staates ist dabei das Interesse der Allgemeinheit. Das einzelne wirtschaftliche Unternehmen und die Gesamtheit gleichartiger Wirtschaften versuchen die öffentliche Gewalt so zu leiten, daß ihre privaten Bestrebungen möglichst gefördert werden. Den richtigen Ausgleich finden, die Einzelinteressen zu organisieren und ihr Streben in vorteilhaftester Weise für die Gesamtheit zu leiten ist der vornehmste Zweck des Staates.

Die wissenschaftliche Behandlung des Verhältnisses, in dem die Forstwirtschaft zum Staate steht, die begriffliche Erfassung der Beziehungen, die daraus entstehen, daß die Forstwirtschaft Objekt der verwaltenden Tätigkeit des Staates ist, kann, das geht schon aus dem Wesen der Sache hervor, nicht einen Teil der Forstwissenschaft bilden, denn diese geht von einem völlig verschiedenen Standpunkt aus. Die Erforschung dieser Beziehungen erfolgt vielmehr vom gleichen Standpunkt, von dem die übrigen Beziehungen zwischen dem Staat und den Objekten seiner Tätigkeit behandelt werden, sie gehört also zum Kreise der Staatswissenschaften. Für die Wissenschaft der Forstpolitik sowohl als für die forstpolitische Tätigkeit bilden die Ergebnisse der Forstwissenschaft die Grundlage. Die Forstwissenschaft ist also eine Grundwissenschaft der Forstpolitik.

In drei große Gebiete scheidet sich das innere Leben des Staates; nach diesen drei Gebieten erfaßt derselbe die Lebensverhältnisse jeder Persönlichkeit und sind umgekehrt deren Lebensäußerungen sein Inhalt [1]:

Das erste Gebiet ist das Güterleben des Staates: die Staatswirtschaft (im engeren Sinn),

das zweite das Verhältnis der einzelnen Persönlichkeiten zueinander, deren Selbständigkeit durch das Recht aufrecht erhalten wird: die Rechtspflege,

das dritte ist die Sorge für die Entwicklung der Persönlichkeit, insofern diese Entwicklung durch die Gemeinschaft bedingt wird; sie erstreckt sich auf das physische, geistige und wirtschaftliche Leben der Persönlichkeit und heißt die innere Verwaltung.

Das nun, was das Ganze der Forstwirtschaft eines Staates ausmacht, einerseits die Gesamtheit der einzelnen forstlichen Unternehmungen nach ihrer staatlichen Seite, anderseits die Einrichtungen des Staates gegenüber dieser Gesamtheit dürfte am besten mit Forstwesen zu bezeichnen sein. Forstwesen würde also einen politischen Zustand, der sich in Rechtsverhältnissen äußert, bezeichnen.

Im einzelnen soll nun noch die Beziehung der Forstwirtschaft zu den einzelnen Gebieten der Staatsverwaltung soweit berührt werden als zur Kennzeichnung des Prinzips notwendig ist.

---

1) Ich folge hier aus Gründen, deren Darlegung zu weit führen würde, der Ausscheidung L. v. Steins, obwohl mir bekannt ist, daß die neueren staatswissenschaftlichen Schriftsteller anders einteilen.

### A. Forstwirtschaft und Staatswirtschaft.

§ 27. Die Forstwirtschaft kommt bezüglich des ersten der oben genannten Gebiete nach zwei Richtungen in Betracht: einmal allgemein hinsichtlich der Besteuerung ihrer Objekte und dann da, wo sie vom Staat als Waldbesitzer selbst betrieben wird und je nach der Ausdehnung des Staatswaldbesitzes einen mehr oder minder einflußreichen Faktor des Staatshaushaltes bildet.

Die erstere Richtung dürfte, so schwierig die Fragen im einzelnen sind, in ihrer Stellung gegenüber dem Staat klar sein; weniger ist das der Fall bezüglich der anderen. Die ältere Finanzwissenschaft war darüber nicht im Zweifel, daß die Verwaltung der Staatsforsten dem Gebiet der Staatsgüter, der gewerblichen Unternehmungen und speziell der Domänen zuzuweisen sei. Bei manchen Staaten dürfte diese Anschauung auch heute noch vollkommen berechtigt sein. In vielen Fällen wird aber auch der anderen Ansicht Raum gegeben werden müssen, welche die Staatsgüter und besonders den Wald in erster Linie weder als Erwerbsquelle bezw. als ertragsfähiges Kapital noch als Fundierung des Staatskredites betrachtet, weil gerade dann, wenn der Kredit schwankt, ein Verkauf derselben unmöglich ist (vgl. Stein, Finanzwissenschaft, 3. Aufl., S. 189), sondern dieselben als Mittel für höhere Kulturzwecke auffaßt.

Darin findet auch eine noch weiter gehende Ansicht eine gewisse Begründung: nämlich, daß die Staatsforstverwaltung zwar ein wirtschaftliches Unternehmen des Staates, ihre Betriebsführung aber derart sei, daß man die Geldeinnahme weniger als das Ergebnis freien Kaufs wie als Gebühr betrachten müsse (Gewährung gewisser Nutzungen, z. B. Streuabgaben, bei denen jene aus Beständen meist nur in diesem Sinne betrachtet und gebilligt werden, Rücksicht auf Gewerbe und Landwirtschaft durch hohe Umtriebe, Erziehung besonderer Sortimente wie Eichenstarkholz).

Für diese Stellung des Staatsforstbesitzes wäre namentlich als Grund anzuführen: 1. daß die Prinzipien der Verwaltung mehr hervortreten wie bei anderen Staatsgütern, 2. daß es die Eigenart der forstlichen Technik und Oekonomik unmöglich macht, für das Produkt den Aufwand zu berechnen, den es verursacht hat. Es wäre also dann die Staatsforstverwaltung mehr eine Staatsanstalt (ähnlich den Verkehrsanstalten, vgl. L. v. Stein, Lehrbuch der Finanzwissenschaft, 3. Aufl., S. 212 und derselbe, Handbuch der Verwaltungslehre, 2. Aufl., S. 633, 3. Aufl., II, S. 642), und sie gehörte nur hinsichtlich ihrer Einnahmen zur staatswirtschaftlichen bezw. Finanzverwaltung, ihr Prinzip und System aber zur inneren und zwar zum allgemeinen Teil der wirtschaftlichen Verwaltung.

### B. Forstwirtschaft und Rechtspflege.

§ 28. Der Prozeß, durch welchen die Verwirklichung des im geltenden Recht (Gesetz) enthaltenen Staatswillens gegenüber der Einzelpersönlichkeit erfolgt, ist die Rechtspflege. Sie schafft das negative Element der Selbständigkeit des einzelnen gegenüber dem einzelnen, während die innere Verwaltung die positiven Bedingungen der Entwicklung bietet. Die Rechtspflege erfaßt durch ihren Organismus (Gerichtswesen) und ihre Tätigkeit die Persönlichkeit nach den drei Kategorien der Verfassung, des öffentlichen (Strafrechts und Verwaltungsrechtes) und des bürgerlichen Rechtes, während die Rechtsverwaltung den Prozeß der Rechtsbildung zu leiten hat.

Bei keiner anderen Besitzart dürften widerrechtliche Eingriffe — sei es durch direkte Entwendung, sei es durch Ueberschreitung von Rechten — so häufig, aber auch bei dem gegenwärtigen Stand von Gesetzgebung und Sicherheitspolizei so leicht

sein als gerade bei der Forstwirtschaft. Wenig andere Lebens- und Wirtschaftszweige dürften deshalb auch in dieser Hinsicht an einer Ausbildung des Rechtes in gleichem Maße interessiert sein; auf der anderen Seite erleidet aber auch die Freiheit der wirtschaftlichen Entwicklung manche Einschränkungen, so daß auch hier die Forstwirtschaft und Rechtspflege in naher Beziehung stehen.

Eine besondere Eigentümlichkeit zeigt das Forstwesen auch bezüglich des Strafprozesses in der Anteilnahme der Staatsforstbehörden an der Vertretung der Staatsgewalt beim Strafverfahren gegen Forstvergehungen.

### C. Die Forstwirtschaft und die innere Verwaltung.

#### 1. Allgemeine Gesichtspunkte.

§ 29. Die Tätigkeit des Staates in der inneren Verwaltung geht von dem Prinzip aus, daß die Entwicklung des einzelnen die Bedingung der Entwicklung aller anderen und damit des Staates selbst ist (Stein, Verwaltungslehre, 3. Aufl., I, 407).

Insofern diese Bedingungen im Wesen des rein persönlichen Daseins gegeben sind, muß sie sich der einzelne durch eigene Kraft gewinnen (der Prozeß, durch den dies erfolgt, ist Gegenstand der Güterlehre); da jedoch, wo dies nicht der Fall ist, tritt der Staat mit seiner Arbeit ein und ordnet das individuelle Leben mit seiner Selbständigkeit dem allgemeinen Zwecke der Gesamtheit unter. Die Gebiete der Verwaltung sind die Lebensgebiete ihres Objektes, der Einzelpersönlichkeit, und danach teilt sich die innere Verwaltung in das Gebiet der persönlichen (physischen), geistigen, wirtschaftlichen und sozialen Verwaltung.

Die Tätigkeit der Verwaltung umfaßt nun einerseits die unbelebte Natur, anderseits das menschliche Leben.

Wir müssen daher von ihrem Standpunkt zweierlei besprechen:

1. die Verwaltung und der Wald als Naturgebilde in seinem Einflusse auf das menschliche Leben;

2. die Verwaltung und die wirtschaftliche Tätigkeit, deren Objekt der Wald ist — die Forstwirtschaft —, in ihren Wirkungen auf den Wald selbst und in ihren Beziehungen als Glied der Volkswirtschaft und des gesamten Staatslebens.

Zu 1. Die Rolle, welche der Wald im Haushalte der Natur in bezug auf Klima, Luft, Feuchtigkeit und damit in hygienischer Hinsicht spielt (mag auch vieles davon noch ungeklärt sein), ferner seine wasserwirtschaftliche Bedeutung sowie seine ästhetische und ethische Wirkung dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. Es besteht nun kein Zweifel, daß, nachdem diese Funktionen durch eine lediglich vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkt aus geleitete Waldbehandlung wesentlich beeinträchtigt zu werden vermögen, hier ein öffentliches Interesse gegeben ist. Alles, was hier direkt durch unmittelbaren Eingriff oder indirekt durch Vermittlung der Arbeit des staatlichen Forstbetriebes erfolgt, ist demnach administrative, nicht forstwirtschaftliche Tätigkeit.

Zu 2. Die Forstwirtschaft, soweit sie als solche Gegenstand administrativer Tätigkeit wird, gehört dem Gebiete der wirtschaftlichen Verwaltung an. Diese Tätigkeit des Staates erfolgt auf zweierlei Art: fördernd und hemmend. Sie wird ausgelöst, wenn die Funktion der Wirtschaft im Gesamtleben der Gemeinschaft als Gegenstand allgemeinen Interesses erkannt wird, entweder, wenn sie zu ihrem als notwendig erkannten Gedeihen gewisser Voraussetzungen oder der Unterstützung bedarf oder wenn die Einzelwirtschaften zur Entwicklung gegenseitig einer Einschränkung bedürfen, oder endlich, wenn andere Interessen eine Einschränkung verlangen.



## 2. Forstwirtschaftspolitik.

### a) Die allgemeinen Maßregeln.

§ 30. Die Aufgabe jeder wirtschaftlichen Verwaltung des Staates besteht in der Entwicklung der Kapitalbildung.

Diese Aufgabe erfüllt der Staat zunächst, indem er die allgemeinen Bedingungen jeder Kapitalbildung, die natürlichen, persönlichen, rechtlichen und Verkehrselemente schafft (vgl. v. Stein, Handbuch der Verwaltungslehre, 2. Aufl., S. 276 und 3. Aufl., II, S. 262), sodann durch die Verwaltung jedes einzelnen Wirtschaftszweiges.

Im nachfolgenden sollen nur einige Hauptgesichtspunkte erwähnt werden.

Stein teilt die allgemeinen Bedingungen der Kapitalbildung in nachstehende Gebiete:

1. Die Verwaltung und die wirtschaftliche Persönlichkeit (das Gesellschaftswesen). Bei der Forstwirtschaft ist hier im allgemeinen wenig Anlaß zu staatlichem Eingriff gegeben, da die Eigentümlichkeit dieses Gewerbes sowohl wie der Besitzform die Anwendung der meisten Unternehmungsformen ausschließt.

2. Die Verwaltung und die Elemente. Der Staat erachtet es als seine Aufgabe, durch die Ordnung und die Tätigkeit der Gemeinschaft die elementaren Kräfte des Feuers und des Wassers usw. so zu beherrschen, daß sie nicht mehr störend oder vernichtend in das Einzelleben eingreifen können oder, falls ein Schaden erfolgte, durch Organisierung des Versicherungswesens den Ersatz des Schadens zu ermöglichen. So sehr die Forstwirtschaft dem Schaden durch Feuer ausgesetzt ist, so schwierig ist hier sowohl der Schutz als die Regulierung der Versicherung. Bei dem Gebiet des Wasserwesens ist dagegen ein Schaden für die Forstwirtschaft weniger zu fürchten, sondern es wird im Gegenteil der Wald als einer der wichtigsten Regulatoren der Wasserwirtschaft, als Faktor der Verwaltungstätigkeit benutzt. Vom Standpunkt der Forstwirtschaft wirkt hier der Staat meist nur negativ, beschränkend.

3. Das Verkehrswesen. Das Verkehrswesen ist, so gewaltig seine Bedeutung und Ausbildung im gesamten wirtschaftlichen Leben dasteht, für die Forstwirtschaft nicht nach allen Richtungen von der Bedeutung wie bei anderen Erwerbszweigen, namentlich dann nicht, wenn man mit L. v. Stein das Verkehrswesen nicht bloß auf die Mittel und Anstalten für die räumliche Bewegung von Personen und Gütern beschränkt, sondern auch das Umlaufswesen (Maß und Gewicht, Wertumlauf und Zahlungswesen, Kredit) und die Entwährungslehre dazu rechnet. Erst durch den steigenden Wasserverkehr und seit durch die Bahnen untergeordneter Bedeutung die Verkehrsadern mehr und mehr in das Herz größerer Waldgebiete geführt werden, kommen die Forstprodukte zu größerer Berücksichtigung im Kalkul für die vom Staate neuzuschaffenden Verkehrsmittel und -anstalten. Die ganze Entwicklung des Wert- und Geldumlaufs hat infolge der eigenartigen Besitzverhältnisse für die Forstverwaltung geringere Bedeutung; auch die Betriebsführung hindert wegen der Schwerfälligkeit des Objekts und des ganzen Produktionsprozesses im allgemeinen die Ausbildung und Benutzung der Formen, durch welche der Staat Geld- und Wertumlauf, insbesondere aber auch das Kreditwesen ordnet. Größere Bedeutung hat dagegen noch die Entwährung, die Befreiung der wirtschaftlichen Hemmung durch Belastung mit Rechten.

### b) Forstwirtschaftspflege im engeren Sinn.

§ 31. Eine nun zu Ende gehende Epoche der Wirtschaftspolitik hielt mit der Schaffung der allgemeinen Produktionsbedingungen die Aufgabe des Staates in der



wirtschaftlichen Verwaltung für beendet; es war das Prinzip der Negation aller Verwaltung für die individuelle Kapitalbildung. Nach der Entwicklung, welche die Verwaltung in Wissenschaft und Praxis genommen hat, steht die Neuzeit auf entgegengesetztem Standpunkt.

Auch bei der eigentlichen Forstwirtschaftspflege greift oft die Verwaltung beschränkend ein, indem sie den einzelnen Unternehmer hemmt, Maßregeln zu ergreifen, welche ihm zwar ein Vorteil, anderen gleichgearteten Unternehmungen aber ein unverhältnismäßiger Nachteil sind, oder indem sie ihn zwingt, Gefahren, welche nicht nur ihm, sondern im weiteren Verlaufe auch dem Nachbar schädlich sein können, zu bekämpfen (z. B. Insekten).

In anderer, direkt fördernder Weise zeigt sich bei der Forstwirtschaft die Tätigkeit des Staates, wenn auch aus den oben mehrfach schon erwähnten Gründen (Besitzverhältnisse usw.) nicht in dem Maße wie bei dem nächstverwandten Zweige der Urproduktion, der Landwirtschaft.

Es gehört hierher:

1. die administrative Tätigkeit der Organe des Staates (der inneren Verwaltung wie der Staatsforstverwaltung), welche auf Hebung des Betriebes direkt abzielen, sei es durch Belehrung, sei es durch persönliche Leistung bei der Einrichtung und Führung des Betriebes; hieher gehört auch die erhöhte Fürsorge, welche der Staat in den meisten Ländern dem W a l d besitz der öffentlichen Korporationen widmet;

2. die Fürsorge für das sich von selbst entwickelnde oder durch Staatsorgane hervorgerufene Vereinswesen;

3. der Einfluß der Bewirtschaftung des Staatsforstbesitzes, der einerseits als Muster dienen kann, anderseits durch eine entsprechende Finanzpolitik die schädlichen Einflüsse übermäßig günstiger oder ungünstiger Verhältnisse auf Erhaltung des Waldstandes zu mildern vermag;

4. das Bildungswesen; (daß diese Frage hierher gehört, könnte auf den ersten Augenblick auffallend scheinen; doch der Zweck der forstlichen Bildungsanstalten ist prinzipiell der, durch Förderung fachlichen Unterrichts und der Fachwissenschaft indirekt zur Hebung des betreffenden Wirtschaftszweiges beizutragen; es ändert daher nichts am Prinzip, wenn in Deutschland die forstliche Fachbildung fast nur dazu dient, Staatsforstbeamte zu erziehen);

5. die Berücksichtigung der Forstwirtschaft in der allgemeinen Wirtschaftspolitik des Staates (Handels-, Tarif- und Zollpolitik, Kolonialpolitik).

## III. Methode.

### 1. Die wissenschaftlichen Methoden im allgemeinen.

§ 32. Für die Erkenntnis, Darstellung und Würdigung der Methoden, welche bei der forstwissenschaftlichen Forschung in Anwendung sind oder in Betracht kommen können, ist es zunächst notwendig, einiges über allgemeine Methodenlehre voraus zu senden.

Aus räumlichen Rücksichten ist es nicht angängig, an dieser Stelle mehr als das zu bringen, was für das Fachliche unbedingt notwendig wird, so sehr es für allgemeine Geistesschulung wie für fachliche Bildung und Leistung von Wert ist, hier möglichst tief zu gehen. In letzterer Hinsicht gilt das Wort, das S c h m o l l e r in gleichem Sinne bezüglich der Volkswirtschaftslehre ausgesprochen hat (a. a. O. S. 455): „Steigende Klarheit über Methode ist die grundlegende Bedingung für den Fortschritt in jeder, also auch in unserer Fachwissenschaft selbst, wie schon aller tiefere Einblick in die Geschichte unserer Wissenschaft zeigt". Da jedoch selbst eine E i n f ü h r u n g, welche ohne Zuziehung von Quellenwerken zu verstehen wäre, nicht



unter einen gewissen Umfang herabgehen könnte, soll das Nachfolgende nur ein Notbehelf, ein kurzer Auszug aus dem gewaltigen Stoff sein. Zweck der Darstellung ist nur, einen ganz allgemeinen Ueberblick über die grundlegenden Sätze und Begriffe zu gewähren und einige Andeutungen zu geben, um tieferes Eindringen zu erleichtern. Wenn es einige Verwunderung erregen sollte, daß solchen Darlegungen überhaupt hier Raum gegeben wurde, so sei bemerkt, erstlich, daß alle wissenschaftliche Forschung in diesen Formen arbeitet, und daß nur vielfach diese Arbeit in dilettantischer und darum nicht hinreichend zweckmäßiger Weise erfolgt und zweitens, daß jede Spezialforschung sich mit den allgemeinen Grundbegriffen auseinandersetzen muß. Für Weiteres muß hauptsächlich auf die Wundt'sche Logik (besonders den vierten Abschnitt des zweiten Bandes „Die Hauptgebiete der Naturwissenschaften" und den dritten Abschnitt des dritten Bandes „Die Logik der Gesellschaftswissenschaften") verwiesen werden. Hier sind auch alle weiteren literarischen Nachweise zu finden.

Dem oben geschilderten Zweck eines knappen Ueberblickes kann nicht besser entsprochen werden als durch Anführung der grundlegenden Sätze aus Wundts Logik, denen dann noch einige weitere Erklärungen beigefügt werden sollen. Wundt umschreibt die Methoden wissenschaftlicher Untersuchung wie folgt [1]):

Jede einzelne wissenschaftliche Untersuchung besteht entweder in der Zergliederung eines zusammengesetzten Gegenstandes in seine Bestandteile, oder in der Verbindung irgendwelcher relativ einfacher Tatsachen zum Behuf der Erzeugung zusammengesetzter Resultate. Analyse und Synthese sind daher die allgemeinsten Formen der Untersuchung, die in alle anderen als deren Bestandteile eingehen. So erheben sich auf beiden zunächst zwei Paare zusammengesetzter Methoden:

Erstens die Abstraktion mit ihrer Umkehrung, der Determination, und zweitens die Induktion mit ihrer Umkehrung, der Deduktion. Die Abstraktion gründet sich auf analytische Untersuchungen; die Determinationn ist ein synthetisches Verfahren. Die Induktion stützt sich vorzugsweise auf eine Analyse der Tatsachen; die Deduktion verbindet wiederum die durch die Analyse gewonnenen Elemente. Doch ist damit nur die vorwiegende Richtung der Denkoperation bezeichnet; denn es verrät sich gerade in der kombinierten Anwendung der Analyse und Synthese die zusammengesetzte Beschaffenheit der Methoden.

Von den Methoden der Untersuchung sind die Formen der systematischen Darstellung abhängig. Auch in bezug auf diese bewahren daher die Analyse und Synthese ihre grundlegende Bedeutung. Den einfachen Methoden derselben entsprechen die Formen der Definition, welche entweder in der Zerlegung eines Begriffs in seine Elemente oder in dem Aufbau desselben aus diesen Elementen bestehen kann. Den Methoden der Abstraktion und Determination schließt sich das Verfahren der Klassifikation an. Die Gewinnung der Allgemeinbegriffe eines Systems beruht auf Abstraktion, während bei der Bildung der Einteilungsglieder das umgekehrte Verfahren der Determination Platz greift. Endlich auf die Induktion und Deduktion stützen sich die Formen der Demonstration. Denn der Beweis eines Satzes besteht entweder in einer abgekürzten Reproduktion des Weges, auf welchem derselbe gewonnen wurde, oder auf einer umgekehrten Zurücklegung dieses Weges. Da nun alle wissenschaftlichen Sätze durch Induktion oder Deduktion gefunden sind, so folgt hieraus, daß auch das Beweisverfahren bald den induktiven, bald den deduktiven Weg einschlagen wird, wobei jedoch wegen der angedeuteten Umkehrungen das Uebergewicht des deduktiven Verfahrens bestehen bleibt.

§ 33. Hiezu sei noch folgendes bemerkt:

Bei der Analyse sind drei verschiedene Stufen zu unterscheiden. Die erste Stufe besteht in der Zerlegung einer Erscheinung in ihre Teilerscheinungen zu rein

---

1) A. a. O. II. Bd. S 1.

deskriptivem Zweck (wobei die Beschreibung auf einfacher Beobachtung beruht oder den natürlichen Sinnesorganen künstliche Werkzeuge zu Hilfe kommen), die zweite Stufe sucht die ursächlichen Beziehungen dieser Teilerscheinungen zum Zwecke der Erklärung, die dritte Stufe entwickelt die Folgerungen, die sich aus den durch die vorhergehenden Stufen festgestellten begrifflichen Eigenschaften der Elemente ergeben (logische Analyse).

Die Synthese kann entweder einfach die analytischen Ergebnisse durch Umkehrung nachprüfen oder die gewonnenen Elemente in unabhängiger Weise verbinden und dadurch zu neuen Ergebnissen kommen. Dies findet besonders statt beim experimentellen Verfahren.

Unter Abstraktion versteht die Logik allgemein das Verfahren, durch welches aus einer zusammengesetzten Vorstellung oder aus einer Mehrzahl solcher Vorstellungen gewisse Bestandteile als Elemente eines Begriffs festgehalten und die übrigen eliminiert werden. Hiebei wird unterschieden eine isolierende und eine generalisierende Abstraktion. Wenn z. B. der Nationalökonom bei der Untersuchung der Gesetze des Güterverkehrs nur auf den Trieb des Menschen, Güter zu erwerben und zu ersparen Rücksicht nimmt, die anderen Eigenschaften, moralische Triebe, Leidenschaften usw. vernachlässigt, so wendet er isolierende Abstraktion an. Auch der Begriff Forstwirtschaft wurde oben unter I. 1 (§ 4) durch ein derartiges Vorgehen entwickelt. Die generalisierende Abstraktion entwickelt Gattungsbegriffe und abstrakte Regeln oder Gesetze.

Die Determination (Bestimmung) ist die Umkehrung der Abstraktion; sie ist zu definieren als die logische Operation, vermöge deren einem Allgemeinbegriffe bestimmende Merkmale hinzugesetzt werden, wodurch man zu einem dem Inhalte nach reicheren, dem Umfange nach jenem untergeordneten Begriffe gelangt; ihre Bedeutung beruht darin, daß sie in der Regel den Weg der Abstraktion nicht einfach umkehrt, sondern in veränderter Weise zurücklegt. Der isolierenden und generalisierenden Abstraktion entsprechen die Kolligation und Spezifikation. Durch Kolligation ermittelt man die Veränderungen, die an zuerst isolierten Teilerscheinungen durch die Verbindung mit anderen Elementen entstehen. Diese Methode ist z. B. gegeben, wenn der Nationalökonom zuerst den Einfluß der relativen Höhe des Zinsfußes auf die Bewegung des flüssigen Kapitals losgelöst von allen begleitenden Umständen untersucht, um hierauf sukzessive diese letzteren, wie z. B. den verschiedenen Kapitalwert der einzelnen Ländergebiete, die verschiedene Handelslage u. dgl. einer Mitberücksichtigung zu unterwerfen. Die Spezifikation hat auf dem Wege der Vergleichung des einzelnen diejenigen Begriffselemente zu finden, die sich zur Bildung der beschränkteren Gattungs- und Artcharaktere geeignet erweisen. Die Spezifikation kommt besonders zur Anwendung, wo es sich um eine systematische Ordnung von Begriffen handelt.

Bei der Induktion können drei Stufen unterschieden werden: 1. die Auffindung empirischer Gesetze, 2. die Verbindung einzelner empirischer Gesetze zu allgemeineren Erfahrungsgesetzen, endlich 3. die Ableitung von Kausalgesetzen und die logische Begründung der Tatsachen. Die Induktion geht vom einzelnen aus, von der Beobachtung und sucht dazu die Regel, die das Beobachtete erklärt, die von einer ganzen Klasse von Erscheinungen das für wahr erklärt, was von den einzeln beobachteten Fällen wahr ist; die Deduktion ist die umgekehrte geistige Tätigkeit, sie verwendet die durch Induktion gewonnenen Regeln zu weiteren Schlüssen. Beide Methoden sind sonach eng verbunden und ergänzen sich gegenseitig. Je nach dem Stande einer Wissenschaft muß bald die eine, bald die andere Methode mehr zur

Anwendung kommen. Auf Gebieten gesicherter Erkenntnis muß mehr die deduktive, auf anderen die induktive Methode verwendet werden.

Die geschilderten Methoden der Untersuchung sind in ihren wissenschaftlichen Anwendungen so innig verbunden, daß es kein irgend zusammengesetzteres Problem gibt, bei dessen Lösung sie nicht sämtlich beteiligt wären.

Untersuchung und Darstellung greifen in ihrer wissenschaftlichen Anwendung fortwährend ineinander ein.

Ist eine Reihe von Begriffen durch Untersuchung festgestellt, so erfolgt als elementarste Form der systematischen Darstellung die Definition.

Werden die fundamentalen Definitionen eines Wissensgebietes zu dessen geordneter Gliederung verwertet, so erfolgt dies durch die Klassifikation. Die Klassifikation kann deskriptiv sein (z. B. Linnés Pflanzensystem), oder genetisch (z. B. das natürliche Pflanzensystem), oder analytisch d. h. aus logischen Prinzipien entwickelt.

Als Beweisführung oder Demonstration wird bezeichnet die Darlegung der Gründe, durch welche die Wahrheit oder Wahrscheinlichkeit eines gegebenen, einen realen Erkenntnisinhalt aussprechenden Urteils festgestellt wird.

§ 34. Nach diesen allgemeinen Darlegungen erwächst nun noch die Aufgabe, auf die Anwendung der Methoden überzugehen. Hier ergibt sich sofort ein schwieriges Problem, nämlich die Verschiedenheit des Objekts der beiden großen Gruppen Natur- und Geisteswissenschaften, die in ihrer Rückwirkung auch Einfluß auf die Methode hat. Die Aufgabe der Naturwissenschaft besteht in der methodischen Erforschung der einzelnen Naturerscheinungen [1]). Alle Naturforschung geht aus von der Sinneswahrnehmung. Im Gegensatz dazu ist das Merkmal geistiger Erfahrungsinhalte Wertbestimmung, Zwecksetzung und Willensbestätigung [2]). Man kann zusammenfassend sagen, die Naturwissenschaft will ihr Objekt erklären, die Geisteswissenschaft es verstehen. Die Natur kann als Mechanismus erkannt werden, das Geistige bleibt irrational d. h. mit den Sinnen nicht zu fassen und vorzustellen. Eine scharfe Grenze in methodologischer Hinsicht ist jedoch nicht zu ziehen. Wenn aber auch das Prinzip der Methode nicht geändert wird, wenn es bei beiden Gruppen Induktion, Deduktion usw. gibt, so hat sich doch im ganzen eine verschiedene Art des Vorgehens entwickelt. Als spezifisch naturwissenschaftlich ist zu nennen das Experiment, als spezifisch geisteswissenschaftlich die Kritik und Interpretation.

In der Naturwissenschaft wird alles Folgende aufgefaßt als bedingt durch Ursachen, die wir uns als Kräfte vorstellen. Die Erkenntnis der Zusammenhänge wird meist dadurch angestrebt, daß die Folge einer Ursache isoliert beobachtet wird, indem man durch das Experiment die anderen Ursachen ausscheidet. Bei den Geisteswissenschaften ist diese Isolierungs- und Deduktionsmethode nicht anwendbar, weil die Isolierung nur in Gedanken, nicht in der Wirklichkeit vorgenommen werden kann; die Schlüsse beruhen sonach nicht auf sinnlicher Wahrnehmung, sondern auf der Beobachtung und psychologischen Analyse von komplizierten Wirkungen mehrerer Ursachen, es sind nur Wahrscheinlichkeiten.

Das große Ziel aller Wissenschaft ist für alle an ihrer Gedankenarbeit Teilnehmenden eine gleiche Ordnung des mannigfaltigen Vorstellungsinhaltes, eine gleiche Klassifikation der Erscheinungen mit gleichen Grenzen herzustellen.

1) Wundt, a. a. O. II. Bd. S. 269.
2) Wundt, a. a. O. III. Bd. S. 15.

Die wissenschaftliche Erkenntnis führt schließlich zu Gesetzen. Ueber den Wert wirtschaftlicher und historischer Gesetze sagt Eucken (zitiert Schmoller a. a. O. S. 490)[1]):

„Alles in allem hat das Gesetz in der neuen Wissenschaft freilich oft zu voreiligen Abschlüssen und dogmatischen Behauptungen geführt und uns die Dinge einfacher, unsere Einsichten reifer erscheinen lassen, als sie in der Tat waren. Aber vornehmlich hat es doch als belebende Kraft zur Zusammenfassung und Gliederung gewirkt, es hat der Forschung, wenn nicht Ergebnisse eröffnet, so doch Probleme gestellt, es ist mit Arbeit und Kampf, mit Erfolg und Mißerfolg der neueren Wissenschaft untrennbar verwachsen".

## 2. Die Methodik der Forstwissenschaft.

§ 35. In der bisherigen forstlichen Literatur findet sich über Methode fast nichts. Es mag das damit zusammenhängen, daß es — vom grundsätzlichen Standpunkt genommen — eine spezifisch forstliche Methodologie nicht geben kann, daß vielmehr die Entwicklung ganz mit jener der Grundwissenschaften, der Naturwissenschaft und der Volkswirtschaftslehre gehen muß. Es wäre von Wert und Interesse, in einer Geschichte der Forst wissenschaft zu verfolgen, wie weit die bisher errungenen Erkenntnisse der empirischen Erfahrung und wie weit sie mehr oder minder strenger Forschung entsprungen sind. Jedenfalls erscheint es notwendig, mehr als bisher von der Empirie abzugehen und die wissenschaftliche Methodik genauer zu studieren, um sie in fachgemäßer Weise ausbilden und verwenden zu können. Die Erkenntnis der Wahrheit erfolgt um so rascher, je mehr der Forscher die Gesetze des Denkens kennt. Die Schulung nach dieser Richtung muß als eine wichtige Aufgabe der Gegenwart bezeichnet werden.

Es wird nicht zulässig sein, ohne weiteres den Schluß zu ziehen, daß die Methoden der Forstwissenschaft, weil die Forstwirtschaft ein Teil der Volkswirtschaft ist, mit jenen der Volkswirtschafts lehre übereinstimmen. Denn die technische Fachwissenschaft geht, wie am Schlusse des § 5 dargelegt, indem sie auch das Technische umfaßt, weiter wie die theoretische Volkswirtschaftslehre.

Ueber Methodologie besteht bei dieser eine umfassende Literatur, die zu grundsätzlicher Einigung in der Auffassung noch nicht geführt hat[2]). Schmoller (a. a. O. S. 434) rechnet die Volkswirtschaftslehre zu den Wissenschaften, welche am geeigneten Ort naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Methoden anzuwenden haben. Diese Auffassung erscheint zutreffend, sofern und soweit man die technischen Fachwissenschaften der Volkswirtschaftslehre zurechnet; denn soweit es sich bei letzteren um Technik handelt, sind die Erscheinungen und ihre Kausalität durch naturwissenschaftliche Methoden zu fassen, die ökonomischen Beweggründe dagegen sind durch die Methoden der Geisteswissenschaften zu erforschen. Daß bei der Forstwissenschaft ein derartiges Verhältnis besteht, erscheint nicht zweifelhaft.

Es wäre nun weiter noch zu besprechen, welche Eigenart das Objekt forstwissenschaftlicher Forschung, die Forstwirtschaft in methodischer Hinsicht aufweist. Die Naturvorgänge, welche von der forstlichen Technik benutzt oder durch ihre Einwirkung ausgelöst werden, bieten dem Erkennen und exakten Erfassen vielfache Schwierigkeit. Denn der Wald, der vom technischen Standpunkt aus gesehen, nicht nur aus Bäumen, sondern auch aus dem Boden (im weiteren Sinne als Standort) und einer reichen Fauna in den mannigfachsten Wechselbeziehungen steht, ist ein der Beobachtung und Messung nur schwer zugängliches Objekt. Dazu kommt der Umstand, daß die Technik vielfach darin besteht, die Eingriffe möglichst unmerklich

1) Ueber den Begriff des Gesetzes in den Geisteswissenschaften Wundt, Logik, 3. Bd. S. 121 ff.

2) Vgl. Schmoller a. a. O. S. 432 ff. „Wesen der Methode überhaupt".



zu vollziehen, die Natur nicht zu meistern, sondern zu leiten. Das ziffermäßig-mathematische Erfassen des Baumes, des Bestandes, des Waldes nach dem augenblicklichen Zustand und noch mehr nach der Entwicklung in den durch die Produktion bedingten langen Zeiträumen bietet der Messungstechnik — ganz abgesehen von den der Intensität hinderlichen ökonomischen Verhältnissen — zurzeit noch solch erhebliche Schwierigkeiten, daß häufig die empirische Beobachtung anstatt des exakten Versuchs und das „Gefühl", d. h. der allgemeine Eindruck an Stelle der Messung und Zählung die Unterlage der Induktion bilden muß [1]). Andrerseits sind gerade jene Gebiete der Naturwissenschaft, auf die sich der forstliche Produktionsgang zu stützen hat, die Physiologie und Biologie der Waldbäume, die Bodenkunde noch nicht so weit entwickelt, daß die Begründung oder gar Neufindung forstlicher Maßnahmen deduktiv aus Naturgesetzen abgeleitet werden könnte.

Auch die Oekonomik des Forstbetriebes hat ihre erschwerende Eigenart durch die langen Zeiträume, denen gegenüber die üblichen Methoden der Preisstatistik usw. versagen sowie durch die Unbestimmtheit der technischen Reife des Hauptproduktes, wodurch alle Wertbestimmung unsicher wird.

### 3. Das Verhältnis der Methode zu Wissenschaft und Praxis.

§ 36. In den beiden ersten Abschnitten wurde nachgewiesen, daß die logischen und systematischen Voraussetzungen einer Forstwissenschaft gegeben sind, der dritte Abschnitt hat in den bisherigen Ausführungen die Arbeitsweise gezeigt, durch welche der Inhalt derselben zu schaffen ist. Wenn man aber von einer Forstwissenschaft als etwas Wirklichem sprechen will, so fehlt noch eines, der Nachweis über das Vorhandensein einer entsprechenden Summe von gesicherter Erkenntnis.

An dieser Stelle schließt die logische Beweisführung; denn die Entscheidung über diese Frage ist, so wie die Dinge liegen, mehr Sache des Gefühls oder doch wenigstens eines nur sehr arbiträren Urteils. Zu bemerken ist hier vor allem, daß es sich hier nur um Relativität handeln kann, um einen Vergleich einerseits der einzelnen Zweige der Wissenschaft, andrerseits der verschiedenen Entwicklungsperioden. Die forstliche Wissenschaft ist vielleicht zu Zeiten Hartigs, Cottas und Hundeshagens, an ihrem Zeitalter gemessen, höher gestanden als heute, wo andere Erkenntnisgebiete staunenswerte Fortschritte gemacht haben, denen zu folgen oder Gleichwertiges zur Seite zu stellen die forstliche Forschung schon aus Mangel an Mitteln und Einrichtungen bisher nicht imstande war und auch künftig nicht imstande sein wird, wenn es nicht möglich ist, eine durchgreifende Aenderung der Zustände herbeizuführen.

Wenn also auch hier kein Urteil abgegeben werden kann und will, so ist es doch von Wert die Merkmale, die für ein solches in Betracht kommen, zu suchen.

§ 37. Entscheidend hiefür dürfte sein, erstlich ob im allgemeinen im Fach nach strenger Methode gearbeitet wird, zweitens ob die Fachwissenschaft auch über ihr Gebiet

1) Verfasser hat im Forstw. Ztrbl. 1893 S. 433 den Versuch gemacht, die Bestandsausscheidung und Unterabteilungsbildung durch Analyse zu erfassen und mittels Induktion die zugrunde liegenden Wirtschaftsabsichten zu bestimmen, zu prüfen und zu klären. Hiebei sind auch die fachlichen Schwierigkeiten solchen Vorgehens besprochen. (Vielleicht, daß jetzt auch die damals abgeleiteten Vorschläge, nachdem bald die forstübliche „Keimruhe" von 20 Jahren vorüber ist, einige Beachtung finden.) Schöne Beispiele induktiver Methode sind auch das sogen. Streifenverfahren für die Konstruktion von Ertragstafeln und die Untersuchungen von R. Weber über Zuwachsgesetze.

hinauswirkt und zu Forschungen Anlaß gibt, die vom systematischen Standpunkt als eine Erweiterung der Grundwissenschaften, praktisch aber als eine Förderung der Wirtschaft zu betrachten sind; drittens ob sie sich die Maßstäbe für die exakte Erfassung ihres Sondergebietes geschaffen hat.

Zu dem ersten Punkt ist folgendes zu bemerken: Aus der Gesamtwürdigung der forstlichen Literatur muß das Urteil gefällt werden, daß die wissenschaftlichen Methoden häufig nicht in strenger Schulung, sondern mehr dilettantisch angewandt werden, daß bei Untersuchung die allgemeine Beschreibung statt quantitativer Analyse zur Anwendung kommt, daß überhaupt in Zeitschriftenartikeln wie in Lehrbüchern die aus unkontrollierbarer Beobachtung entsprungene „Meinung" eine häufigere Erscheinung ist als das Ergebnis tiefgehender systematischer Untersuchung und logischer Schlußfolgerung. Es fehlt aber weiter die so notwendige und anderwärts so fruchtbare Verbindung zwischen Theorie und Praxis. Die von der Wissenschaft gefundenen Methoden werden deshalb zu wenig in der Praxis angewandt und dadurch fehlt die Erprobung, die Scheidung des Unbrauchbaren, die Aus- und Fortbildung des Brauchbaren. Folge und Merkmal dieser unzureichenden Verbindung ist namentlich, daß die Praxis die Fortschritte außerordentlich langsam aufnimmt. Die Folge dieser langsamen räumlichen Verbreitung ist aber, daß sich die Verschiedenheit der Wirtschaft nicht nach sachlichen Gesichtspunkten, sondern vorwiegend nach nationalen, ja sogar nach regionalen Grenzen gebildet hat. Unter sonst ganz gleichen Verhältnissen wird oft nach ganz entgegengesetzten Systemen und Methoden gewirtschaftet, ein Beweis ungenügender Klärung und unzureichenden wissenschaftlichen Verkehrs [1]).

In zweiter Hinsicht dürfte, nachdem es sich hier ganz besonders nur um etwas Relatives handeln kann, ein Vergleich mit anderen Wirtschaftszweigen angemessen sein. Die industrielle Technik beschränkt sich, wie v. Oechelhäuser [2]) gegenüber W. Sombart ausdrücklich hervorhebt, keineswegs auf das Ausmaß naturwissenschaftlicher Fortschritte, sondern erweitert dieselben direkt. v. Oechelhäuser zitiert dabei den Ausspruch von Werner Siemens [3]): „Meine Aufgaben werden mir gewöhnlich durch meine Berufstätigkeit vorgeschrieben, indem die Ausfüllung wissenschaftlicher Lücken, auf die ich stieß, sich als ein technisches Bedürfnis erwies". Er kommt dabei zu der Auffassung, daß die Technik der Wissenschaft gegenüber häufig eine „Voreilung" hat, d. h. daß sich die Wissenschaft plötzlich fertigen Maschinen oder Verfahren gegenüber sieht, für die sie erst nachträglich durch mühsame, wenn auch planvoll angeordnete Experimente die Theorie schaffen kann. Auch bei der Forsttechnik liegen die Verhältnisse ähnlich, aber die naturwissenschaftliche Begründung ist hier, wie schon mehrfach erwähnt, doch nicht in solch umfassender Weise durchgeführt, wie in der Maschinentechnik, chemischen Industrie, Landwirtschaft usw. Als Beispiel für ausgreifende Arbeit seien angeführt die Humusforschungen (P. E. Müller, Möller, Ramann), die zahlreichen und tiefgehenden Arbeiten über Pilze (Hartig, v. Tubeuf) und über Insekten, die Untersuchungen über Windwirkung durch Eifert und andere.

Auch hinsichtlich des dritten Punktes besteht kein Zweifel, daß viel

1) Auch äußerlich kennzeichnet sich dieser höchst schädliche Zustand durch die starke Beschränkung der Freizügigkeit der Studierenden und die fast völlige Ausschließung der Möglichkeit, von einer Forstverwaltung in die andere überzutreten. Nirgends ist solch eine weitgehende geistige Inzucht.

2) A. a. O. S. 39.

3) „Wissenschaftliche und technische Arbeiten" I. Bd. S. 218.



zu wünschen übrig bleibt. Die Forstwissenschaft hat sich noch nicht in dem für energischen Fortschritt notwendigen Umfang organisiert und deshalb auch nicht in hinreichendem Maße die wissenschaftlichen Hilfsmittel geschaffen, demgemäß — ein solcher Zusammenhang besteht überall — sind auch die Hilfsmittel der technischen Praxis noch auf keinem hohen Stand. Es betrifft das vor allem die konstruktiven Vorrichtungen. Man vergleiche nur das Instrumentarium eines modernen Krankenhauses, die Einrichtung eines chemischen Laboratoriums, die Maschinen eines modernen Gutsbetriebes mit dem Inhalt einer forstlichen Gerätekammer. Wenn man von einigen Instrumenten der Holzmeßkunde (wie Preßlerscher Zuwachsbohrer, Verbesserungen an Kluppen und Höhenmessern usw.) absieht, so arbeitet die landläufige Praxis noch mit den Geräten aus der Zeit G. L. Hartigs[1]).

Auch in einem anderen wichtigen Hilfsmittel ist die Entwicklung noch zurück, in der Terminologie und in der Schaffung von Normal-Uebereinkommen. Die forsttechnischen Fachausdrücke sind verhältnismäßig gering an der Zahl, begrifflich nicht hinreichend umschrieben und vielfach schwankend — ein Anlauf der deutschen Forstversammlung zu Görlitz, hier größere Einheit zu schaffen, ist im Sande verlaufen —, die Maßstäbe zur Erfassung und Darstellung forstlicher Zustände z. B. der Fruchtbarkeit des Bodens, der Beschaffenheit und Leistung der Bestände sind noch wenig entwickelt und noch weniger in der Praxis angewandt. In letzterer ist die okulare Schätzung nur in geringem Maße durch die Messung ersetzt. Die Arbeit der forstlichen Versuchsanstalten, die vor 30 und 40 Jahren werktätig angesetzt hatte, ist hier, statt an Intensität und Ausdehnung des Gebietes fortzuschreiten, mehr und mehr abgeflaut. Viele erfreuliche Einzelarbeiten sind vorhanden, aber nicht die großartige Organisation der meisten anderen Fächer, die fast überall zu allgemein anerkannten, sogar zu internationalen Abmachungen geführt hat. Es fehlt der forstlichen Wissenschaft und der technischen Praxis zu sehr noch das, was man technische Sprache nennen könnte.

Und so muß denn diese Abhandlung, indem sie auf eine Zusammenfassung des bisher in mühsamer und nicht immer befriedigender Arbeit Errungenen verzichtet, mit einer Forderung für die Zukunft geschlossen werden:

Die Forstwissenschaft muß durch Organisation und Einrichtungen in ihren äußeren Hilfsmitteln auf die Höhe der Zeit und nach ihrem inneren Ausbau in die erreichbare Tiefe der Erkenntnis geführt werden, wenn sie der Forstwirtschaft als verlässige Geleiterin ihrer Arbeit und als weitausschauende Führerin für neue Errungenschaften dienen soll.

1) Für die Kritik des gegenwärtigen Zustandes wird auf die Abhandlungen des Verfassers über Fortbildung im Jahrgang 1911 der Allg. Forst- und Jagdzeitung verwiesen.

## II.

# Die Bedeutung des Waldes und die Aufgaben der Forstwirtschaft.

Von

Rudolf Weber.

Für die 3. Auflage bearbeitet von H. Weber.

---

### Vorbemerkung.

Als erster Teil [1]) eines Handbuches der Forstwissenschaft stellt sich diese Abhandlung die Aufgabe, die Forstwissenschaft unter zwei Gesichtspunkten zu betrachten, wovon der erste von den Interessen der Gesamtheit — des Staates — ausgeht und die mannigfachen Beziehungen, in welche der Wald zu denselben tritt, umfaßt, während der zweite individualistischer Natur ist und das Subjekt, in dessen Interesse eine Forstwirtschaft geführt wird, als ausschlaggebend in den Vordergrund stellt. Diese Trennung in eine staatswirtschaftliche und eine privatwirtschaftliche Aufgabe ist deshalb als grundlegend vor allen einzelnen Disziplinen zu behandeln, weil die wirtschaftlichen Grundsätze über die Wälderbehandlung sowohl in der Verwaltung als auch in der Gesetzgebung hiervon wesentlich beeinflußt sind, weil ferner in mehreren Gebieten der Forstwissenschaft scharf zwischen dem „Schutzwalde" und dem „Wirtschaftswalde" unterschieden werden muß, wenn man zu widerspruchsfreien Ergebnissen und praktisch anwendbaren Regeln gelangen will.

Um zunächst den Gegenstand selbst, den Wald wie er jetzt ist, näher zu präzisieren, die Art, wie er seine gegenwärtige Verteilung, Größe, Eigentumszugehörigkeit erlangt hat, zu schildern, sind in einer kurzen historischen Einleitung die wesentlichen Momente aus diesem Gestaltungsprozeß, welcher ja noch fortdauert, hervorgehoben. Den Schluß dieses Abschnitts bildet eine möglichst nach dem neuesten Stande ergänzte Flächenstatistik.

In der Betrachtung über die staatswirtschaftliche Bedeutung der Wälder haben der ursprüngliche und der jetzige Bearbeiter dieser Abhandlung sich bemüht, den möglichst exakten Nachweis für die behaupteten Erscheinungen und Wirkungen zu liefern, da es unmöglich genügen kann, bloß Berichte und Erzählungen über die verderblichen Wirkungen der Waldzerstörungen aufzuhäufen,

---

1) Abgesehen von der einleitenden Abhandlung (I).

sondern in unserem Zeitalter mit Recht gefordert wird, die Sonde wissenschaftlicher Untersuchungen an alle diese Behauptungen anzulegen. Das Rüstzeug zu solchen kritischen Untersuchungen ist aber die Naturwissenschaft, welche demnach gerade in diesem Abschnitte mehr in Anwendung gebracht werden mußte, als es sonst in staatswirtschaftlichen Abhandlungen herkömmlich ist. Namentlich war es durch den Zweck geboten, die meteorologischen Beobachtungen über die Beziehungen des Waldes zu den einzelnen klimatischen Faktoren anzuführen, welche die verschiedenen Versuchsanstalten mit anerkennenswertem Eifer durchgeführt haben, allein dieses wertvolle Material ist z. Z. nur zum Teil so durchgearbeitet, daß allgemeine Schlußfolgerungen daraus gezogen werden könnten. Eine Bearbeitung dieses Gegenstandes mußte daher notwendig stattfinden, wollte anders nicht auf dieses ganze Beobachtungsmaterial verzichtet werdenn.

In dem letzten Abschnitt über das privatwirtschaftliche Interesse bei der Forstwirtschaft ist dieser Produktionszweig nach seinen wirtschaftlichen Faktoren: Natur, Arbeit und Kapital, einer Betrachtung unterzogen worden. Dabei hat das Bestreben geleitet, möglichst die allgemeinen Gesetze hervorzuheben, welche den Gang dieser Werterzeugung beherrschen. Selbstverständlich fanden hierbei zahlreiche Berührungspunkte mit den einzelnen Disziplinen, namentlich mit Statik und Waldwertrechnung sowie Forstpolitik statt, deren Grenzlinien nach Möglichkeit eingehalten wurden.

Nach dem Gesagten trägt diese Abhandlung gewissermaßen das Motto der sämtlichen forstlichen Disziplinen: „Naturwissenschaft und Wirtschaftswissenschaft."

## Die geographische Verteilung der Wälder in Europa und ihre historischen Ursachen.

§ 1. Wie die Bedürfnisse der Menschen mannigfach von der physikalischen Beschaffenheit der von ihnen bewohnten Länder bedingt und beeinflußt waren, so spielt auch in der Art der Befriedigung dieser Bedürfnisse die umgebende Natur eine hervorragende Rolle, indem sie der menschlichen Arbeit den Angriffspunkt und die Richtung gibt. So war es für das Gedeihen der menschlichen Kultur gewiß von Vorteil, daß in den großen Länderstrecken, welche die arktische Zone der nördlichen Hemisphäre einfassen, sich ein breiter Gürtel mächtiger Waldgebiete [1]) durch alle drei Kontinente hinzieht, deren jahrhundertelang aufgespeicherte Schätze von Brennstoff und Baumaterial es den Ansiedlern ermöglichten, den Kampf mit den Unbilden eines winterlichen Klimas aufzunehmen. Ohne Zweifel haben die Wälder die Lebensweise, Sitten und Gewohnheiten der ersten Bewohner dieser Gegenden in bezug auf den Bau der Wohnungen und Geräte, die Art der Feuerung und Speisenzurichtung mannigfach beeinflußt, wie ja bekanntlich die Steppe, Prärie und die Wüste ihrerseits den Lebensgewohnheiten der Menschen ihr unverkennbares Ge-

1) Der Norden des europäischen Rußlands nebst Finland und der skandinavischen Halbinsel, ferner ein großer Teil Deutschlands war bei Beginn unserer Zeitrechnung vermutlich eine ähnliche zusammenhängende Waldmasse, wie dies noch jetzt die sibirischen Taigas und Urmans in den Stromgebieten des Ob, Jenisei, Olonek, der Lena und Jana sind, die zusammen eine Längenausdehnung (von O nach W) von ca. 3000 englischen Meilen bei einer Breite (von N nach S) von 1000 bis 1700 Meilen besitzen. Analog zeigt der nordamerikanische Kontinent in den kanadischen Provinzen Quebec und Ontario bis zur Hudsonsbai ein Waldgebiet, dessen Länge (in O-W-Richtung) 1700 englische Meilen und dessen Breite in S-N 1000 Meilen betragen soll. Aber auch von der pazifischen Küste her erstreckt sich in den nördlichen Territorien von Washington, Alaska zusammen mit britisch Columbia ein großer Waldgürtel, dessen Flächengröße man noch höher veranschlagt, als jenen der vorgenannten westlichen Wälderzone.



präge erteilen. Seit jenen ersten Ansiedelungen, wie sie uns jetzt die prähistorischen Forschungen kennen lehren, hat aber der Wald durch alle Stadien der Kulturentwicklung nicht aufgehört, eine nachhaltig fließende Quelle unentbehrlicher Güter zu sein, welch letztere zwar lange Zeit nur im Wege der bloßen Besitzergreifung und unbekümmert um etwaige Erschöpfung benutzt wurden, aber bezüglich ihres Gebrauchswertes zu allen Zeiten unter die dringendsten Bedürfnisse, unter die Notdurft gerechnet wurden.

Freilich traten bei der Besiedelung der Länder unseres Himmelsstriches die undurchdringlichen Waldmassen auch in feindlichen Widerstreit mit den Interessen der Ackerbau und Viehzucht treibenden Bewohner — galt es doch, die fruchtbaren Flächen einer die Arbeit lohnenden, intensiveren Kultur zu gewinnen und mit zäher Anstrengung neue, künstliche Vegetationsformen, Felder, Wiesen und Gärten, an die Stelle der aus der Hand der Natur hervorgegangenen Wälder zu setzen. Die Ausbreitung menschlicher Kultur beginnt daher in den waldreichen Gebieten mit der Vernichtung der Waldungen, weil jeder Ansiedler bestrebt sein muß, sich rasch genug in den Besitz von so viel urbarer Fläche zu setzen, daß er mit dem Ertrage seinen Viehstand überwintern kann. Wie heutzutage der „Lumberman“ in Kanada oder der Kolonist in Australien verfährt, so haben zweifellos ehedem auch die Ansiedler, denen Deutschland seine Kultur verdankt, Feuer an die Holzbestände gelegt, weil die Arbeit der Axt das Zerstörungswerk zu langsam vollbracht hätte. In der Tat enthält auch die lex Saxonum eine Bestimmung über die Haftpflicht für Schaden, wenn ein angezündeter Baumstamm beim Fallen einen Menschen trifft, und die Ortsnamen erzählen uns noch durch ihre Zusammensetzungen mit den Endungen auf -brand, -schwand, -schwende, -reut, -rüti, -gereut und -hag von der Brandkultur, welcher in alten Zeiten der Wald weichen mußte. Aus den uns erhaltenen Urkunden der Karolinger Zeit kann man ersehen, daß schon seit dem Ende der Völkerwanderung allmählich immer ausgedehntere Rodungen in den einst von den römischen Historikern und Geographen als unermeßlich geschilderten Waldgebieten Deutschlands stattgefunden haben, und von Karl dem Großen ist bekannt, daß er die friedliche Unterwerfung der mit den Waffen eroberten Länder durch Ausbreitung der Kultur besonders eifrig erstrebte. Nachweisbar dauerte diese Waldausstockung im großen Maßstabe noch fort bis gegen das Ende des XIV. Jahrhunderts, während welcher Zeit die Mehrzahl der Dörfer, Herrschaften und Klöster sowie der Städte Deutschlands gegründet und ein reiches Kulturleben über die Gegenden ausgebreitet wurde, die vorher unwegsame Wildnisse waren. Aber selbst bis zum XIV. Jahrhundert gab es noch keine festen, ausgeschiedenen Grenzen zwischen Wald und Feld; nach Belieben brannte man an passenden Stellen den Wald nieder, oft nur um einiger Ernten willen, während die Flächen brach liegen blieben oder wieder mit Wald anflogen — sog. Außenfelder. Im allgemeinen begünstigten die Landesherren, d. h. die geistlichen und weltlichen Fürsten, die Rodung und Anlage von Neubrüchen in ihren Gebieten, weil die Zahl ihrer Untertanen und der Wert ihrer Dienstleistungen und Reichnisse wuchs, ja ein sog. Neubruchzehnt sowie die Rodlehen brachten sogar eine ergiebige finanzielle Einnahmequelle aus den sonst ertragslosen Waldungen. Auch die älteste Form der Dorfgemeinden, die Markgenossenschaften, waren bis zum Anfange des XIII. Jahrhunderts freigebig in der Gestattung von sog. „Einfängen“, d. h. Rodungen zu landwirtschaftlicher Benützung in ihren Markwaldungen, solange der Ueberfluß an Wald scheinbar unerschöpflich war.

§ 2. Während so die Zerstörung und Verdrängung des Waldes als eines Kulturhindernisses die notwendige Voraussetzung für den Beginn und die Entwicklung



einer höheren Kulturstufe bildete, zeigte sich andererseits doch bald, daß auch für die Erhaltung der notwendigen Holzvorräte etwas geschehen müsse. Frühzeitig trat dies in den alten Kulturländern der ehemals zum Römerreich gehörigen Gebiete hervor: Schon Karl der Große befahl in dem „Capitulare de villis" seinen Beamten, welche die kaiserlichen Güter verwalteten, daß sie da, wo Wälder sein müßten, niemand erlauben dürften, dieselben zu überhauen oder zu verderben. Vielfach trug auch die Jagdlust der Könige und später der Landesfürsten zu strenger Abschließung ihrer Wildbanne und Bannforste gegen das Eindringen der Waldausstockung bei. Jedenfalls verdanken viele der noch jetzt vorhandenen geschlossenen Waldkomplexe ihre Erhaltung der „Inforestation" oder „Bannlegung", wie uns viele Urkunden aus dem X. und XI. Jahrhundert beweisen, wenn auch der Beweggrund zu dieser Abgrenzung anfangs hauptsächlich in der Sicherung des Jagdrechtes lag. Erst im XIII. Jahrhundert finden wir in Deutschland die ersten Versuche eines Verbots der Rodungen aus Rücksichten für die Walderhaltung, und zwar in den Markgenossenschaften im Rheingau und der Wetterau, woran sich dann später die zahlreichen Rodungsverbote anschlossen, die in den „Weistümern" enthalten sind. Bemerkenswert ist namentlich ein Rodungsverbot, das durch die Rücksicht auf die Erhaltung der zum Salinenbetrieb Salzburgs notwendigen Wälder begründet ist und das 1237 von dem dortigen Erzbischofe erlassen wurde, während dagegen in anderen Gebieten der bayerischen Alpen noch zwei Jahrhunderte lang jeder Ansiedler das Recht zur Anlage von Neubrüchen und Alpenängern ausüben konnte. In den Markgenossenschaften jedoch bildete sich immer fester die Ausscheidung von Privateigentum und Almende aus, und immer zahlreicher findet man Verhandlungen über das Verbot der Bildung neuer Einfänge und über die Erhaltung der Grenzen der Markwaldungen gegen das Ackerland. In den dichter bevölkerten Ländergebieten Deutschlands war daher die Urbarmachung der zur landwirtschaftlichen Benutzung geeigneten Flächen in der Hauptsache bis zum XVI. Jahrhundert vollzogen, neue Gründungen von Dörfern und Kolonien fanden nachher nur noch im Böhmerwalde und bayrischen Walde, sowie inmitten anderer großer Waldgebirge vereinzelt statt, so daß das Verhältnis zwischen Wald und Feld in Deutschland seit einem halben Jahrtausend nicht mehr sehr erheblichen Veränderungen unterlegen ist.

Die Ursache dieser Beständigkeit in dem Flächenverhältnisse lag teils in dem Uebergang von der extensiven landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise mit vorherrschender Waldweide und Brache zu intensiverem Betriebe, teils aber auch in der schärferen Abwehr aller Angriffe auf den Wald durch die Ausbildung der Forsthoheit der Landesherren. Die Theorie, daß die oberste Aufsicht über alle Forst- und Jagdangelegenheiten und die Macht, darüber zu gebieten und zu verbieten, ein Ausfluß des territorialen Herrscherrechtes — ein Regal — sei, bewirkte den Erlaß zahlreicher Wald-, Forst- und Jagdordnungen seit Beginn des XVI. Jahrhunderts. Neben vielen anderen wirtschaftlichen und Verwaltungsbestimmungen enthalten aber fast alle diese landesherrlichen Erlasse in erster Linie das Verbot, Neugereute ohne Erlaubnis der Behörden anzulegen; die „neuen Einfänge und Brände" wurden allenthalben abgeschafft, so in der bayer. FO. von 1568, hohenloheschen (1551), der württembergischen (1552), der weimarischen (1646), der hessischen (1602), mecklenburgischen, mannsfeldschen, salzburgischen, kärntischen und anderen. In vielen dieser Verordnungen wird bereits der Befürchtung künftigen Holzmangels Ausdruck gegeben, und es werden Maßregeln zur pfleglichen Waldbehandlung und ökonomischen Nutzung der Holzvorräte angeordnet, und zwar nicht bloß für die



landesherrlichen Forste, sondern auch für die Gemeinde-, Kloster- und Gutswaldungen des betreffenden Gebiets. Wenn man diese zahlreichen, geschichtlich interessanten Waldordnungen der deutschen Landesherren durchliest, so gewinnt man den Eindruck, daß schon im sechzehnten Jahrhundert die Frage der Walderhaltung an vielen Orten eine brennende war, man glaubte aber, von obrigkeitswegen genug getan zu haben, wenn man Unterdrückungsmaßregeln gegen die weitere Ausdehnung der Ausstockungen ergriff und wohlgemeinte Ratschläge für Hebung der Wälderbehandlung erließ, deren Ausführung jedoch an der mangelhaften Kenntnis über die Grundsätze der Holzzucht meistens scheitern mußte.

Die Periode des dreißigjährigen Krieges machte alle diese Sorgen in Deutschland gegenstandslos, da infolge der ungeheuren Verluste an der Bevölkerungszahl, dann des Darniederliegens des Feldbaues und der Zerstörung der Dörfer leider viele Fluren sich von selbst mit Gesträuch und Wald bedeckten und ganze Gegenden wieder verwilderten. Aus diesem Grunde fehlen auch alle genaueren Anhaltspunkte für eine ziffermäßige Angabe der Bewaldungsverhältnisse in Deutschland während des XVII. Jahrhunderts, und da in der zweiten Hälfte des letzteren die Initiative der Wirtschaftspolitik von Frankreich ausging, dessen Beispiel bei den deutschen Höfen fast allgemein Nachahmung fand, so ist es nötig, einen Blick auf die Entwicklung der Waldschutzfrage in diesem Lande zu werfen.

§ 3. Durch die frühzeitige Zentralisierung der königlichen Gewalt wurde auch die Ausbildung einer zentralisierten Forsthoheit in Frankreich gegenüber der territorialen Zersplitterung in Deutschland wesentlich erleichtert. So konnte schon unter Karl IX. im Jahre 1573 eine Forstordnung für das ganze Reich erlassen werden, welcher unter Heinrich IV. 1597 eine erneuerte und nach den Grundsätzen des berühmten, der Landwirtschaft und der Freiheit des Eigentums so günstigen Ministers Herzogs von Sully umgearbeitete ordonnance folgte. Es scheint aber, daß diese Forstordnungen nicht die nötige vollziehende Gewalt fanden und daher wirkungslos blieben, obwohl sie bei den Grundbesitzern wegen ihres milden Charakters beliebt waren. Erst unter Ludwig XIV. Regierung wurde durch Colbert jene bekannte „ordonnance sur le fait des forêts“ vom Jahre 1669 erlassen, welche 120 Jahre lang die Richtschnur für die französische Forstpolitik bildete und die zum Teil bis auf die Gegenwart noch fortwirkt. Mit schwungvollen Worten preist dieser Erlaß die Erhaltung der Forste — „dieses geheiligten Stückes unseres Erbteiles“ — als eine würdige Regentensorge, da sie nicht bloß dem Staate in hohem Maße zur Zierde gereichen, sondern auch ein kostbarer und bequemer Schatz für außerordentliche Notfälle seien, dessen Wachstum unmerklich und ohne Nachteil für die Untertanen von Natur aus erfolge.

Für Hebung der Forstkultur, namentlich Ansaat sowie Bepflanzung der Blößen und Oedgründe in den Staatswaldungen, den Gemeindewäldern und jenen der öffentlichen Anstalten, wurden ausführliche Vorschriften erlassen und eine Organisation für den Forstdienst, die „chambres des eaux et forêts“, eingerichtet, sowie Bestimmungen über Bestreitung der Kosten entworfen. Von einschneidender Wirkung in die Freiheit des Privateigentums waren die Verbote der Waldrodungen ohne Erlaubnis der Forstämter, ferner die Reservierung aller in den Privatwäldern vorkommenden Eichenstämme, welche zu Schiffbauholz tauglich waren, für die königliche Marine und der Zwang, eine bestimmte Anzahl solcher Stämme in den Schlägen überzuhalten („droit de martelage“). Außerdem wurden die Privaten bezüglich ihrer Waldkulturen und Waldbenutzung amtlich überwacht und der Holzhandel



fast ängstlich kontrolliert. Wenn sich nun auch nicht leugnen läßt, daß infolge dieser mit großer Strenge durchgeführten Ordonnance die frühere, weithin eingerissene Unordnung in der nationalen Waldwirtschaft Frankreichs einer pfleglicheren Behandlung der Wälder Platz gemacht hat, so muß doch andererseits zugegeben werden, daß die Grundtendenz des Colbertismus, das System der einseitigen Begünstigung von Handel und Gewerbe auf Kosten der Bodenproduktion einen grundsätzlich feindseligen Charakter gegen die Waldwirtschaft hatte. Die Regierung wollte in erster Linie eine günstige Handelsbilanz erzielen, da ja die Gewinnung und Erhaltung von Edelmetallen der oberste Grundsatz der Staatskunst war; um aber Berg- und Hüttenwerke, Schmelzöfen, Glashütten und andere Fabriken im Lande betreiben zu können, brauchte man vor allem Holz — ein Erzeugnis, dessen der Schiffbau für die Handelsflotte und die Marine nicht minder bedürftig war. Aber dieses Holz mußte möglichst billig und für den Staatsbedarf sogar im Enteignungswege von den Privaten beziehbar sein, daher lag die Erschwerung des Handels mit Roherzeugnissen, das Verbot der Ausfuhr außer Landes, die „martelage", sowie der Aufforstungszwang ganz in dem Prinzip des Merkantilsystemes. Ließ nun schon diese wirtschaftliche Unfreiheit, die Unterdrückung jeglichen Wettbewerbs und die künstliche Niederhaltung der Holzpreise kein gesundes Streben unter den Privatwaldbesitzern aufkommen, so sorgte gleichzeitig eine schikanöse und sportelsüchtige Anwendung des Regulativs dafür, daß die Waldeigentümer zur Verzweiflung getrieben wurden. Trotz dieser Nachteile des damals herrschenden Systems der Staatswirtschaft und trotz der mit dem Aemterkaufe verbundenen Schäden sind doch aus diesem Zeitalter verschiedene Leistungen auf dem Gebiete der Forstwirtschaft zu nennen, vor allem die Bestrebungen um Wiederbewaldung der Dünen, insbesondere der „Landes" bei Bordeaux, die schon im zweiten Jahrzehnt des XVIII. Jahrhunderts begonnen wurde und um die sich später namentlich Brémontier hervorragende Verdienste erworben hat. Ebenso wurden in Frankreich schon frühzeitig Versuche von Verbesserungen der waldbaulichen Technik, der Hiebsführung und der Durchforstungsgrundsätze, unternommen —, ja die heutzutage so viel besprochene „éclaircie par le haut" wird schon auf den Chef der Forstverwaltung unter Karl IX. de Rostang zurückgeführt, der bis 1567 gewirkt hat.

Am wenigsten günstig erwies sich das Merkantil-System Colberts und seiner Nachfolger für die Besitzer der Privatwaldungen, teils wegen der ungünstigen Besteuerung des Waldeigentums, teils wegen dessen wirtschaftlicher Gebundenheit und Abhängigkeit von den Regulativen. Wie Mirabeau d. Ae. ausführlich schildert[1]), beschleunigten die Gutsbesitzer selbst den Ruin ihrer Wälder, nur um von der gefürchteten Forstpolizei-Gerichtsbarkeit (der „table de marbre") loszukommen. Massenhaft liefen die Gesuche um Erlaubnis zum Abtriebe der Waldungen ein, und die Rodung — diese Vorläufer in der Auswanderung — erschien den Bauern noch als letzte Quelle zur Hebung ihres Wohlstandes.

Schon im Jahre 1721 konnte daher der berühmte Naturforscher Réaumur in der academie royale[2]) feststellen, daß trotz der strengen Forstgesetze eine unverkennbare Gefahr für den Staat aus dem Rückgange der forstlichen Produktion entstehe.

---

1) Victor Riquetti, marquis de Mirabeau „Philosophie rurale ou Economie générale et politique de l'agriculture". Amsterdam 1764.

2) Histoire de l'Academie Royale de France, Année 1721. S. 284. Reflexions sur l'état des bois du royaume et sur les précautions, qu'on pourrait prendre pour en empêcher le dépérissement et les mettre en valeur par Réaumur.

„Allgemeine Beunruhigung," sagt Réaumur, „herrscht über die Vernichtung der Wälder des Königreichs, und leider ist diese Unruhe nur allzu begründet. Nicht allein in den großen Städten führt man Klage darüber, daß alle Holzsortimente immer seltener werden, sondern dieselben Klagen kommen auch aus denjenigen Landesteilen, wo das Holz sonst sehr häufig vorkam. Ueberall, wo Eisenhämmer, Hochöfen, Glashütten etc. bestehen, befürchtet man, daß diese an dem Mangel des zu ihrem Unterhalt nötigen Holzes zugrunde gehen müssen. Man hat vielleicht den Verbrauch übermäßig ausgedehnt, sei es in bezug auf Zimmer- und Werkholz, sei es hinsichtlich des Brennholzes; wir bauen, möblieren und heizen mehr Zimmer, als unsere Voreltern getan, die Zahl der Essen, Hochöfen und Glasschmelzen hat sich vervielfacht — aber es wäre eine falsche Auffassung des Staatsinteresses, wollte man die Zahl dieser Werke vermindern, um den Wald zu erhalten. Was aber das öffentliche Interesse dringend erfordert, das ist, daß nicht zugleich die Holzmassen sich vermindern, während der Verbrauch sich steigert . . Es ist äußerst wünschenswert, daß jene Bodenflächen, die Wald geblieben sind, auch unseren Bedarf decken, daß sie stets vollständig bestockt seien, und daß namentlich eine Verminderung ihrer Produktion verhindert werde. Dann würden die uns verbliebenen Wälder uns hinreichend mit Erzeugnissen versorgen."

In dem weiteren Verlauf dieser höchst interessanten „Reflexions" untersuchte Réaumur die Nachteile der durch die Ordonnance von 1669 vorgeschriebenen Ueberhälter („baliveaux de martelage"), lehrt die Ermittlung des jährlichen Zuwachses auf einem Morgen („arpent") Mittel- und Niederwald und gelangt zu der Forderung einer Umtriebszeit, innerhalb welcher das Maximum des Zuwachses erreicht werden könne. In waldbaulicher Hinsicht betont er namentlich die notwendige Ergänzung der nicht mehr ausschlagenden Stöcke durch Eichelsaaten, eventuell unter Anwendung des Hackwaldbetriebes — ein Abschnitt, der gerade dadurch besonderes Interesse bietet, weil die Oberforstbehörde in einem Schreiben an Réaumur behauptet hatte, die Stöcke der Eichen seien unsterblich und könnten immerfort ausschlagen. Am Schlusse seiner Abhandlung richtet Réaumur noch die lebhafte Aufforderung zu Kulturversuchen mit ausländischen Holzarten an die Akademie.

Achtzehn Jahre später beschäftigte sich dieselbe berühmte Körperschaft mit der Wald-Erhaltungsfrage, über welche kein Geringerer als Buffon referierte [1]). Er beginnt folgendermaßen:

„Das Holz, einst so allgemein, reicht gegenwärtig kaum zu dem allerunentbehrlichsten Bedarf aus, und wir sind für die Zukunft von einem vollständigen Mangel daran bedroht, denn es wäre fast gleichbedeutend mit dem Staatsuntergang, wenn wir genötigt wären, Zuflucht bei unseren Nachbarn zu suchen und von ihnen mit großen Unkosten das zu beziehen, was wir mit einiger Sorgfalt und einiger Oekonomie uns selbst verschaffen können [2]). Allein dazu muß man die Zeit rasch ergreifen und lieber von heute ab mit den Maßregeln beginnen. Denn wenn wir untätig und zugleich gierig im Verbrauche noch länger fortfahren, in unverantwortlicher Weise gleichgültig gegen die Nachwelt zu bleiben, wenn wir nicht unsere Forstpolizei umgestalten, so ist zu befürchten, daß die Forste, diese wertvollste Domäne unserer Könige, zu wüstem Land werden, daß die Schiffsbauhölzer, auf denen unsere Stärke zur See beruht, eines Tages verschwunden sind ohne jegliche Hoffnung einer möglichen Wiederherstellung, Selbst jene, welchen die Erhaltung der Wälder anvertraut ist, beklagen deren Untergang, aber es genügt nicht, ein empfundenes Uebel zu beklagen, sondern man muß das Heilmittel suchen, und jeder gute Bürger muß an die Oeffentlichkeit treten mit seinen in dieser Hinsicht gemachten Erfahrungen und Ueberlegungen." An anderer Stelle fährt Buffon fort: „Wie viel Oedland gibt es nicht im Königreiche, unter dem Namen Landes, Bruyères (Heiden) und Gemeindeländereien, welche absolut ertragslos sind? Enthält nicht die Bretagne, das Poitou, die Guyenne, Bourgogne, Champagne und mehrere andere Provinzen nur allzuviel unnützes Land? Der größte Teil dieser Ländereien war ehemals von Natur aus Wald, wie ich selbst an vielen Stellen dieser wüsten Bezirke bemerkt habe, denn man findet noch die alten verfaulten Stöcke vielfach daselbst. Vermutlich hat man diese Wälder allmählich so heruntergebracht, wie dies noch in den Gemeindeländereien der Bretagne zu sehen ist, und erst im Verlaufe der Zeit hat man sie so vollständig vernichtet."

Buffon hat in seinen eigenen Waldungen erhebliche und für jene Zeit beachtenswerte Versuche mit verschiedenen Methoden der Saat und Pflanzung von Eichen auf schwerem Lehmboden und auf Sandboden gemacht. Diese Kulturversuche wurden streng systematisch auf genau eingeteilten Flächen gemacht und stützten sich auf Untersuchungen der Tiefgründigkeit und Feuchtigkeit des Bodens. Gleichzeitig enthält diese Arbeit Vorschläge über Nachzucht der Eichenstarkhölzer in Horsten, statt im Einzelstande als Oberständer („baliveaux"), ferner eine Theorie über die Wahl der Umtriebszeit des größten Massenertrages.

---

1) Histoire de l'Academie Royale de France, Année 1739. S. 140. Mémoire sur la conservation et le rétablissement des forêts par M. de Buffon.

2) Heute übersteigt der Wert der Holzeinfuhr Frankreichs jenen der Ausfuhr um jährlich weit über 100 Mill. Frcs. (1902: 122 Mill. Frcs.).



Wenn schon die Initiative Réaumurs und Buffons zweifellos einen mächtigen Anstoß zu Fortschritten auf dem Gebiete des Waldbaues in den gebildeten Kreisen der Gutsbesitzer gab, so gilt dies noch ungleich mehr von den eifrigen und lange fortgesetzten wissenschaftlichen Arbeiten, welche Duhamel du Monceau über weite Gebiete der Forstwissenschaft veröffentlichte, so daß er unter die ersten Begründer dieser Disziplin zu rechnen ist. Dagegen hat einen mehr kritischen Standpunkt in der Beurteilung der staatswirtschaftlichen Verhältnisse der Bodenproduktion im allgemeinen und der Waldwirtschaft im besonderen Marquis de Mirabeau (der Aeltere) eingenommen.

Mit beißenderer Satire beleuchtete dieser die schädlichen Einwirkungen der übertriebenen polizeilichen Bevormundung der Waldwirtschaft durch das Merkantilsystem, indem er vom physiokratischen Standpunkte aus und in Konsequenz der Ideen Quesnays die unbeschränkte Freiheit der Privatwirtschaft verlangte, was ihm freilich eine „lettre de cachet" für die Bastille eintrug. Von da an verkettete sich die Wahl zwischen Waldschutz oder Freigebung der Bodenwirtschaft immer mehr mit den übrigen politischen Fragen dieser Periode, wie man auch aus Stevarts „Recherches des principes de l'économie politique" [1]) von 1789 ersieht, und ein politischer Akt — das Dekret der Nationalversammlung vom 27. Dezember 1790 — entschied die Abschaffung des „régime forestier" über sämtliche Gutswaldungen. —

§ 4. Wenn auch die territoriale Vielgestaltigkeit Deutschlands die forstlichen Zustände mannigfaltig modifizierte, so bewirkte doch die damals herrschende Lehre in der Staatswirtschaft und die an vielen Höfen betriebene Nacheiferung der merkantilistischen Politik, daß viele der im vorstehenden bezeichneten Uebelstände auch hier zutage traten. Hierunter sind besonders die in vielen Forstordnungen [2]) ausgesprochenen Verbote des Holzhandels nach dem Auslande und der Flößerei zu zählen, nicht minder drückten die überall eingeführten polizeilichen Taxen den Preis der Walderzeugnisse, vor allem aber tragen die den Bergwerks-Verwaltungen in Tirol und Steiermark eingeräumten Befugnisse zur Enteignung der in ihrem Bezugsgebiete liegenden Privatwälder den Stempel des Merkantil-Systems. Auf denselben Ursprung weist die in Anhalt-Dessau vorkommende Bestimmung hin, daß alle Eichenstämme in den Privatwäldern landesherrliches Eigentum seien [3]), während im Siegener Land der Fürst von Nassau-Oranien eine vollständige Absperrung seines Gebietes mittelst der sog. Landhecke und Verhinderung der Ausfuhr aller Rohstoffe durchführte. Aehnliche Wirkungen des Absolutismus waren die Verschärfungen der Rodungsverbote für alle „Gutswaldungen, Hölzer und Büsche", wie sie in zahlreichen Holzordnungen ausgesprochen sind, die aber doch das Gute hatten, manche Abschwendung und Verwüstung von jungen Hölzern zu verhindern.

Daß der Colbertismus aber auch in Deutschland keinen besonders günstigen Einfluß auf die Waldwirtschaft übte, zeigen uns die Schilderungen des ersten forstlichen Schriftstellers dieses Landes, Hans Carl von Carlowitz [4]), welcher

---

1) Paris chez Didot 1789.

2) Württemb. FO. Die Untertanen und Schirmverwandten dürfen nur so viel zur Verflößung hauen, als ihnen von den Amtleuten und Förstern angewiesen wird; sie dürfen nur an inländische Flößer verkaufen. Tannene Flöße dürfen nicht ins Ausland gehen, ehe sie im Inlande ausgeboten sind, Kohlen überhaupt gar nicht.

Die Hohenlohesche FO. verbietet, erkauftes Holz oder solches aus eigenen Waldungen ins Ausland zu führen bei Strafe von 10 fl. per Wagen. Aehnlich die Weimarische und markgräfl. Brandenburgische FO.

3) W. Riehl „Land und Leute" 1861. Stuttgart, Cotta. S. 59.

4) Hans Carl von Carlowitz „Sylvicultura oeconomica" oder „Anweisung zur wilden Baumzucht". Leipzig 1713. J. F. Braun.

an mehreren Stellen seines Werkes von den viel tausend Acker großen Blößen und Stockräumden in den Wäldern als Folgen des enormen Verbrauches der Bergwerke und Hütten spricht. Insbesondere in Kap. IV § 20 sagt er:

„Diejenigen, so nur wenig Notiz von dem Zustand und Beschaffenheit der Gehölze haben, müssen bekennen, daß binnen wenig Jahren in Europa mehr Holz aufgetrieben worden ist, als in etlichen Säculis erwachsen, daher der Schluß leicht zu machen, was es für ein Ende gewinnen möchte." . . . „Die Bäume sind ausgerottet, die Wälder, die doch sonsten ein Land recht glücklich machen, hinweg; das Gebirge und Hügel von Holz entblößt."

Auch die übertriebene Rodungslust der bäuerlichen Bevölkerung scheint im Beginne des XVIII. Jahrhunderts in Deutschland in ähnlicher Weise, wie oben von Frankreich gesagt wurde, geherrscht zu haben, denn Carlowitz schreibt im Kap. V. § 43:

„Es ist fast ein Universal-Affekt und gemeine Seuche, daß jedermann lieber Feld und Wiesen als Holz besitzen will und also dahin incliniret, wie dieses zu vertilgen und teils gänzlich auszurotten, gleich als wenn es ein Unkraut und zur Führung einer Hauswirtschaft gar nicht nötig wäre."

Es ist bezeichnend, daß die im Anschluß an diese Klagen über Waldverwüstung gemachten positiven Verbesserungsvorschläge in der Holzzucht nicht von einem der zahlreichen Oberjägermeister, sondern von dem für die Zukunft der Montanindustrie besorgten Oberberghauptmanne v. Carlowitz ausgingen, — analog wie in Frankreich Réaumur und Buffon die Grandmaitres des forêts belehren mußten, wie man säen und pflanzen müsse, da die Eichenstöcke nicht, wie jene wähnten, unsterblich seien. Die durch diese Vorgänge klar bewiesene Notwendigkeit, daß vor allem ein gewissenhaftes Studium der Natur des Waldes und ihrer Gesetze, daß eine Ausbildung der technischen Methoden des Forstbetriebes not tue, führte unter dem Drucke der drohenden Holznot zu einer erfreulichen Entwicklung der forstwissenschaftlichen Disziplinen während des XVIII. Jahrhunderts. Die Regierungen erkannten, daß mit Forstordnungen und vorbeugenden Strafgesetz-Paragraphen allein sich noch keine Verbesserung der Waldwirtschaft erzielen lasse. Hand in Hand mit der Ausbildung der theoretischen Grundlagen gingen daher in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts die Bestrebungen, die Kenntnisse und technische Befähigung der Beamten zu heben und an die Stelle der holzgerechten Jäger „Forstwirte" zu setzen.

§ 5. Die gewaltige Katastrophe, welche im Jahre 1789 zunächst den französischen Staat und in weiterer Folge die meisten europäischen Staaten bis auf die Grundfesten erschütterte, blieb auch nicht ohne tiefeingreifende Wirkungen auf die Wälder. Da schon jede Erschütterung der staatlichen Autorität und des Rechtszustandes gewöhnlich zu Eingriffen in das schutzlos gewordene Waldeigentum führt, so wurde durch die weitverbreitete Erbitterung über die drückenden Bestimmungen der „Ordonnance" von 1669 der Kampf gegen den Wald in Frankreich mit einem wahren Fanatismus geführt. Wie im kleinen die Bauern und Proletarier aus den Staats- und Gutswaldungen um die Wette raubten, was für sie erreichbar war, so hausten im großen Maßstabe die Spekulanten und Käufer der konfiszierten und veräußerten Güter in den ehemals der Kirche und dem Adel gehörigen Forsten. Man schätzt die allein in den vier Jahren 1789—93 niedergehauenen Wälder auf 33 314 Quadrat-Kilometer, d. h. $3^1/_2$ Millionen ha. Dazu kam, daß infolge der Aufhebung des régime forestier durch das Dekret vom 27. Dezember 1790 auch die Besitzer der kleinen Privatwälder die neue Freiheit meistens im Sinne einer maßlosen Verwüstung ihrer Holzungen anwandten, wozu freilich auch die Not und die hohen Kriegssteuern ihren Teil beitrugen. Schon innerhalb kurzer Zeit bildete sich allgemein die Ueberzeugung, daß diese Verwüstungen mit dem Ruin des Landes endigen



müßten, und bereits unter dem Konsulat wurde unterm 29. Germinal an XI ein Verbot weiterer Rodungen erlassen und eine regelmäßige Forstverwaltung für die National- und Kommunal-Waldungen wieder eingeführt.

§ 6. Einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die staatswirtschaftlichen Grundsätze bezüglich der Forstwirtschaft übten Adam Smith[1]) und seine Anhänger aus. Wenn auch sein System hinsichtlich der Bedeutung von Arbeit und Kapital gänzlich von dem der Physiokratie abweicht, so blieb doch vieles von den physiokratischen Forderungen in bezug auf die Bodenwirtschaften bestehen. Hierher gehört namentlich die Forderung der unbedingten Freiheit in der Benutzung und jene der Beseitigung aller rechtlichen Schranken, welche diese hemmen, dann die Aufteilung des gemeinschaftlichen Eigentumes (Almenden und Gemeindewälder), endlich des Verkaufs der Staatsforsten an Private. Diese in der Abhandlung über Forstpolitik des Handbuches eingehender behandelten Forderungen griffen deshalb tiefer in die eigentliche Praxis und in den Waldstand ein, weil die A. Smith schen Theorien ungleich zahlreichere und einflußreichere Verfechter in den Regierungen und Volksvertretungen fanden, als seinerzeit die physiokratischen. Namentlich hat die These, daß der Staat zum Betrieb irgend welcher Erwerbswirtschaft ganz ungeeignet sei, daß vielmehr der Individualismus und der im Erwerbstrieb der Privaten liegende Sporn allein den höchsten Nutzeffekt der Bodenwirtschaft gewährleiste, zu umfangreichen Verkäufen von Staatswaldungen geführt. Freilich fand diese Theorie in dieser Hinsicht eine aktive Förderung in dem Geldbedürfnis aller öffentlichen Kassen und der Erschöpfung des Staatskredites, während der napoleonischen Kriegsjahre. So segensreich daher im allgemeinen viele der Konsequenzen des Freihandels-Systems waren, ebenso wenig förderte es die Waldwirtschaft, weil es hierüber fundamentale Irrtümer verbreitete. In Deutschland waren hauptsächlich der Kanzler Hardenberg für Preußen, Minister Montgelas für Bayern die Träger dieser Reformideen, während theoretisch Gg. Sartorius[2]) in Göttingen, Jacob[3]) in Halle, Krug[4]) in Berlin, Murhard[5]) in Göttingen und Hazzi[6]) in München hierfür tätig waren. In der Tat gelang es, für den Verkauf der Staatswaldungen an Private sowohl in Preußen als in Bayern Stimmung zu machen, und daß dies nicht in größerem Umfange stattfand, lag nur in der Schwierigkeit, die erforderlichen zahlungsfähigen Käufer zu finden, welche sich schon beim Verkaufe der säkularisierten Kirchengüter herausgestellt hatte. Da auch G. L. Hartig, der damals an die Spitze der preußischen Forstverwaltung getreten war, kräftigen Einspruch erhob, so wurde die Veräußerung der Staatsforsten in Preußen nur auf Teile der in den Regierungsbezirken Aachen und Koblenz gelegenen beschränkt, wovon 1818—1820 für nahezu 5 Millionen Mark verkauft wurden. In Bayern kamen damals ca. 4350 ha für 855 000 Mark zum Verkaufe.

Weit beträchtlicher hingegen waren die Staatswaldverkäufe in Frankreich, wo M. Mustel[7]) sie schon seit 1784 befürwortet hatte. Trotzdem daselbst schon während der Revolution große Flächen konfiszierter Güter und Domänen zum Verkauf gelangt waren, wurden

1) Adam Smith „Untersuchungen über den Nationalreichtum" II. Bd.

1) Sartorius „Abhandlung über die Elemente des Nationalreichtums". Göttingen 1808.

3) Jacob „Staatsfinanzwirtschaft". Halle 1821.

4) Krug „Betrachtungen über den Nationalreichtum des preuß. Staates". Berlin 1805.

5) Murhard „Ideen über wichtige Gegenstände der Nationalökonomie und Staatswirtschaft". Göttingen 1808.

6) Hazzi „Die echten Ansichten der Waldungen und Forsten". München 1808.

7) Mustel „Traité theorétique et pratique de la végétation". Paris 1784.

| | | | |
|---|---|---|---|
| infolge des Gesetzes vom 23. Sept. 1814 | wieder | 41 958 | ha |
| „ „ „ „ 25. März 1817 | „ | 121 957 | „ |
| „ „ „ 25. März 1831 | „ | 116 780 | „ |
| und seitdem bis 1870 . . . . . . . . . . | | 71 951 | „ |
| also von 1814—1870 . . . . . . | in Summa | 352 646 | ha = 30,5 % |

der jetzigen Staatswaldfläche und 3,7 % der Gesamtwaldfläche für den Betrag von ca. 306 ½ Millionen Frcs. veräußert [1]).

Oesterreichs [2]) Staatsforstbesitz erfuhr in dem Zeitraume von 1800 bis 1870 durch Verkäufe eine Verminderung um 833 731 ha = 113,8 % der jetzigen Staatswaldfläche und 8,5 % der Gesamtwaldfläche mit einem Verkaufswerte von 54¾ Millionen Gulden. Geographisch verteilten sich diese Verkäufe am stärksten auf Galizien, dann Böhmen, Steiermark, die Bukowina und Oberösterreich.

Hierzu kamen aber innerhalb desselben Zeitabschnittes 300 371 ha Religions- und Stiftungsfondsgüter, welche um 83¼ Millionen Gulden verkauft wurden. Das rasche Dahinschwinden der in Staatshänden befindlichen und unter seiner unmittelbaren Aufsicht stehenden österr. Domanial- und Fondsgüter, worunter weitaus die meisten Flächen Wälder waren, ergibt sich schlagend aus folgender Zahlenreihe:

| Im Jahre | 1800 | 1835 | 1850 | 1860 | 1865 | 1870 | 1875 | 1880 | 1884 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| betrugen diese Güter | 13,1 % | 11,2 % | 7,1 % | 6,8 % | 6,5 % | 5,4 % | 4,5 % | 4,5 % | 4,5 % |

der gesamten Landesfläche Oesterreichs.

§ 7. Nicht minder wie in den Staatswaldungen, traten auch in vielen Gemeinde- und Körperschaftswäldern die Einwirkungen der Manchester-Doktrin hervor. Die irrige Anschauung, als ob auch die Waldwirtschaft im geteilten Privatbesitze mehr und besser produziere als im gemeinschaftlichen Besitze, welche eigentlich ein einziger vergleichender Blick auf den Zustand der Privat- und Gemeindewälder hätte beseitigen können, trieb in manchen Staaten dazu, ausgedehnte Körperschaftswälder gleich den Almenden aufzuteilen. Die hiedurch entstandenen kleinen und schmalen Streifen, in welche diese Waldungen zerfielen und die regellose Gemenglage aller Altersstufen führten meistens zu ihrem Ruin und hatten als Endergebnis ertragslose Oedflächen. Ziffermäßige Daten lassen sich jedoch hierfür nicht geben, weil dieser Prozeß sich meistens in den beiden ersten Dezennien des Jahrhunderts abwickelte, zum Teil aber noch heute fortdauert.

Dagegen ist es interessant, einen Blick auf die im normalen Verlaufe der ruhigen Entwicklung und unter Aufsicht des Staates sich vollziehenden Bewegungen im Waldstande zu werfen. Selbstverständlich können statistische Aufnahmen hierüber nur gemacht werden, wo eine gesetzliche Anzeigepflicht oder eine amtliche Genehmigung der Rodungen zu Recht besteht:

| In Frankreich wurden gerodet [3]) | | von Gemeinde- und Körperschaftswaldungen | von Privatwaldungen |
|---|---|---|---|
| Innerhalb d. Jahrzehnts | 1830—1839 | 118 166 ha | 73 360 ha |
| „ „ | 1840—1849 | ? „ | 88 796 „ |
| „ „ | 1850—1859 | 40 958 „ | 153 048 „ |
| „ „ | 1860—1869 | 4 188 „ | 110 895 „ |
| „ „ | 1870—1879 | 995 „ | 31 335 „ |
| „ „ | 1880—1889 | 515 „ | 11 687 „ |
| „ „ | 1890—1898 | — „ | 7 038 „ |
| | Sa. | | 476 150 ha |

d. h. 4,95 Prozent der jetzigen Gesamt-Waldfläche des Landes.

Jahresmittel . . . . . . . . . . . . . . 6 802 „

1) Nach dem „Annuaire des Eaux et Forêts“ berechnet; seit 1870 finden keine Verkäufe mehr statt.

2) S. K. Schindler „Die Forste der in Verwaltung des k. k. Ackerbau-Ministeriums stehenden Staats- und Fondsgüter“. Wien 1885. Hof- und Staatsdruckerei.

3) Nach dem Annuaire des Eaux et Forêts 1885, S. 62 und 1901, S. 287 berechnet.

In Frankreich namentlich fielen weitaus die meisten Rodungen von Privatwäldern in die beiden Jahrzehnte 1850—70, und die jahrgangweise Flächenaufzählung zeigt noch viel deutlicher einen Kulminationspunkt in den beiden Jahren 1855 mit 22 740 ha und 1856 mit 20 740 ha gegenüber einem Jahresmittel von nur 6802 ha. Gerade diese Jahrgänge waren aber in ganz Mitteleuropa bemerkenswert durch hohen Preisstand des Weizens, Roggens und der Kartoffeln, so daß begreiflicherweise die Tendenz, zur augenblicklich lohnenderen landwirtschaftlichen Benutzung der Flächen überzugehen, viel verbreiteter war, als im darauffolgenden Jahrzehnt.

In Bayern wurden gerodet [1])

| in den Regierungsbezirken | von Privaten | | | | von Gemeinden und Genossenschaften | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in den Jahren | | | | in den Jahren | | | |
| | 18$^{74}$/$_{79}$ | 18$^{80}$/$_{85}$ | 18$^{86}$/$_{91}$ | 18$^{92}$/$_{97}$ | 18$^{74}$/$_{79}$ | 18$^{80}$/$_{85}$ | 18$^{86}$/$_{91}$ | 18$^{92}$/$_{97}$ |
| | Hektar | | | | | | | |
| Schwaben | 579 | 311 | 220 | 124 | 70 | 13 | 12 | 80 |
| Oberbayern | 2076 | 1159 | 961 | 841 | 117 | 62 | 21 | 15 |
| Niederbayern | 2058 | 2214 | 1813 | 1333 | 3 | 21 | 5 | — |
| Oberpfalz | 333 | 242 | 195 | 233 | 46 | 18 | 61 | 48 |
| Oberfranken | 164 | 474 | 356 | 157 | 23 | 21 | 50 | 3 |
| Mittelfranken | 173 | 163 | 168 | 200 | 37 | 52 | 36 | 114 |
| Unterfranken | 48 | 50 | 22 | 27 | 112 | 139 | 62 | 57 |
| Pfalz | 8 | 150 | 63 | 80 | 73 | 21 | 140 | 79 |
| Summa | 5439 | 4763 | 3798 | 2995 | 481 | 347 | 387 | 396 |
| | 18 606 ha | | | | | | | |

In Bayern wurden neue Waldanlagen ausgeführt [1])

| in den Regierungsbezirken | von Privaten | | | | von Gemeinden und Genossenschaften | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in den Jahren | | | | in den Jahren | | | |
| | 18$^{74}$/$_{79}$ | 18$^{80}$/$_{85}$ | 18$^{86}$/$_{91}$ | 18$^{92}$/$_{97}$ | 18$^{74}$/$_{79}$ | 18$^{80}$/$_{85}$ | 18$^{86}$/$_{91}$ | 18$^{92}$/$_{97}$ |
| | Hektar | | | | | | | |
| Schwaben | 283 | 409 | 250 | 411 | 470 | 86 | 91 | 202 |
| Oberbayern | 319 | 285 | 400 | 415 | 192 | 134 | 6 | 106 |
| Niederbayern | 27 | 134 | 53 | 230 | 14 | 2 | 33 | 25 |
| Oberpfalz | 473 | 390 | 675 | 345 | 37 | 26 | 17 | 76 |
| Oberfranken | 655 | 615 | 508 | 810 | 201 | 77 | 117 | 111 |
| Mittelfranken | 1006 | 1106 | 865 | 809 | 68 | 60 | 138 | 48 |
| Unterfranken | 113 | 66 | 97 | 158 | 143 | 37 | 104 | 198 |
| Pfalz | 341 | 309 | 293 | 315 | 356 | 294 | 158 | 150 |
| Summa | 3217 | 3314 | 3141 | 3493 | 1481 | 716 | 664 | 916 |
| | 16 942 ha | | | | | | | |

Vom 1. Jan. 1897 bis zum 31. Mai 1909 wurden in Bayern mehr aufgeforstet als ausgestockt 15 969 ha [2]).

§ 8. Wirft man einen Blick auf die übrigen Länder Europas, so läßt sich zwar geschichtlich und statistisch die allmähliche Verdrängung des Waldes nicht überall gleich deutlich nachweisen, aber das Endergebnis dieses Prozesses kann aus den Angaben über die Flächen- und Anbaustatistik mit einem ziemlichen Grade von Sicher-

1) Nach den „Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns", herausgeg. vom Kgl. Staatsministerium der Finanzen, Ministerial-Forstabteilung. 2. Heft, München 1901.

2) Nach den Angaben des 12. Hefts derselben Mitteilungen, 1910.

heit angegeben werden. Hierbei ist es durchaus erklärlich, daß in jenen Ländern, deren Kulturentwicklung um ein Jahrtausend oder mehr über jene Deutschlands zurückreicht, die dem Fortbestande der Wälder schädlichen Einflüsse sich in höherem Grade geltend gemacht haben. So hat namentlich in den Mittelmeerländern derselbe Kampf gegen den Wald im Namen der Kultur, der sich bei uns vom achten bis vierzehnten Jahrhundert abspielte, schon im Zeitalter Homers stattgefunden.

Gerade aus diesem Zeitalter erhalten wir aber interessante Aufschlüsse über die Wirkung der mythologischen und religiösen Vorstellungen des griechischen Altertums auf die Erhaltung der Wälder, worüber der griechische Oberforstinspektor Dr. N. Chloros im Forstwissenschaftl. Centralblatt, Jahrgang 1885, S. 15 ff.[1]) Nachricht gegeben hat. Homer bezeichnet die Gebirgswaldungen als „Wohnsitze der Götter (τεμένη ἀθανάτων), in welchen niemals die Sterblichen die Bäume mit dem Eisen (Axt) fällen, sondern wo die schönen Stämme vor Alter zu Boden fallen, wenn die Zeit ihres Todes gekommen ist."

In der Ebene und namentlich in der Nähe der Städte waren Haine (ἄλση) den Göttern geweiht, von welchen sowohl Pausanias als Strabo und andere Schriftsteller eine beträchtliche Anzahl aufführen. Nicht minder hat aber auch die Lehre von den Baum- und Waldnymphen (Δρύαδες, Δενδρίτιδες, Αὐλωνιάδες, Ναπαῖαι), welche aus den Bäumen, oder gleichzeitig mit diesen entstehen und vergehen sollten, die deutlich ausgesprochene Tendenz, Schonung für die Baumvegetation gegen frevelhafte Zerstörung durch Menschenhand zu erzielen. Dabei ist besonders interessant, den geheimnisvollen Zusammenhang zwischen den Wald- und Quellnymphen zu betrachten, wie ihn Homer im Hymnus an Ceres durch die Worte andeutet: „Die Nymphen freuen sich, wenn der Regen die Eichen wachsen läßt, sie weinen aber, wenn die Eichen keine Blätter mehr haben" — entstehen ja doch nach Homers Ansicht (Odyss. X. 350) die Nymphen aus den Quellen und heiligen Hainen. So deutet also der Mythus den Zusammenhang von Wald und Quellen durch Personifikation der letzteren als Nymphen an. In ähnlichem Sinne ist auch die Sage von Erichthonios zu deuten, der (nach Ovid Metam. VIII. 738—878) im Haine der Ceres eine heilige Eiche fällt, worauf alle Dryaden die Ceres um Bestrafung des Frevlers bitten. Letztere sendet daraufhin eine Bergnymphe nach dem eisigen Kaukasus, um von dort die Hungersnot zu holen, welche sofort im Leibe des Erichthonios Platz nimmt, bis er an unersättlichem Hunger zugrunde geht. Stellt dieser Mythus nicht unverkennbar den Zusammenhang der Entwaldungen mit dem Verschwinden der Landwirtschaft und der darauffolgenden Hungersnot in den Gebirgen Griechenlands dar? Die Vermutung, daß diese altgriechischen Mythen in der Tat eine Schonung der Wälder gegen Verwüstung mittelst religiöser Vorstellungen bezwecken wollten, gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, als auch die jetzigen Bewohner Akarnaniens noch im XIX. Jahrhundert eine religiöse Weihe der Schutzwaldungen (κουρία) dadurch vornahmen, daß von dem Geistlichen vor versammelter Gemeinde ein Stück geweihtes Brot (ὄφωμα = Hostie) in ein Bohrloch des größten Stammes verschlossen wurde, wodurch der Wald als geweiht bzw. „gebannt" anerkannt war. Vielleicht schließt sich aber auch dieser Gebrauch der christlichen Kirche an die theokratischen Einrichtungen der mosaischen Gesetzgebung an, denn im Deuteronomium XX. 5. 19 heißt es, daß Gott verboten habe, fruchttragende Bäume abzuhauen, mit denselben gleichsam Krieg zu führen, da doch das Holz auf dem Felde nicht ein Mensch ist, der sich wehren kann.

Schon im IV. Jahrhundert vor Chr. war in Attika der Wald auf die Gebirge zurückgedrängt, und Aristoteles hebt in seiner Politik bereits hervor, daß ein gesicherter Bezug von Holz aus der Nähe zu den Existenzbedingungen einer Stadt gehöre, weshalb diese Wälder zu erhalten seien. Analog finden wir in Rom den Schutz des Waldes gegen unberechtigte Eingriffe Dritter bereits in den Zwölftafel-Gesetzen ausgesprochen[2]), während Cicero[3]) es als eine besonders schimpfliche und das öffentliche Interesse gefährdende Handlung hinstellt, wenn sich jemand an großen „Waldabschlachtungen" beteiligt.

„Von der Obrigkeit", sagt er, „muß alles geschehen, um die Vermehrung des Holzes zu begünstigen und dagegen alles aus dem Wege geräumt werden, was daran hindert".

Daß im römischen Reiche die Gutsbesitzer teilweise schon regelmäßige Holzzucht trieben, ersieht man aus den landwirtschaftlichen Schriftstellern Cato

1) „Forstwissenschaftliche Leistungen der Altgriechen."

2) Plinius „Historia natural." lib. 17. c. 1. „ut qui injuria cecidisset arbores alienas, ueret in singulas siclos aeris".

3) Oratio 2. Philipp.



und Columella, von denen ersterer eine genaue Anleitung für Anlage von Eichelsaatkämpen gibt. In Italien bestanden aber auch schon in sehr früher Zeit des Mittelalters Vorbeugungs-Gesetze, welche einen Schutz der Gebirgswaldungen bezweckten [1]); so ist namentlich ein Gesetz der Republik Florenz bemerkenswert, das die Waldausrodung in den Hochlagen der Apenninen, und zwar 1 Meile vom Gipfel abwärts, verbietet. Als Folge dieser Bannlegung war der Scheitel des Apennin noch bis zur Mitte des XVIII. Jahrhunderts mit Wald bedeckt, während nach Aufhebung dieses alten Gesetzes durch Großherzog Leopold I. von Toskana die Entwaldung der florentinischen Apenninen reißende Fortschritte machte.

Auch die Republik Venedig wirtschaftete lange Zeit konservativ in ihren Forsten [2]), bis seit dem Anfang des XVII. Jahrhunderts die Waldbenützung daselbst einen zerstörenden Charakter annahm. Ebenso beuteten auch die Genueser von dieser Zeit an, hauptsächlich für Schiffsbauzwecke, den Apennin rücksichtslos aus und verwandelten die Gipfel ihrer benachbarten Berge in Steinwüsten.

Außer den großen historischen Ereignissen haben in Italien, noch mehr aber in den Balkanländern und Kleinasien kleine, wenig beachtete Ursachen an der auffallenden Wälderzerstörung mitgearbeitet. Hierzu gehört namentlich die allgemein verbreitete, dem Holzwuchs so überaus schädliche Ziegenweide und die wahrhaft fanatische Zerstörungswut der Hirten, welche durch das Abbrennen der Bäume und Sträucher eine rasch vorübergehende Grasvegetation erzielen wollen.

Eine ganz ähnliche Ursache der Entwaldung liegt in Spanien in den umherziehenden Merinoherden, welche teils durch unmittelbare Zerstörung jeden Holzwuchses, teils durch Verhinderung der Verjüngung die Gebirge an vielen Orten so entblößt haben, daß nur Heide, Lavendel und Rosmarin darauf fortkommen.

Von England erzählen zwar die Historiker, daß zur Zeit der normannischen Eroberung 69 Forste gezählt worden seien, und Wilhelm der Eroberer habe sogar 30 Dörfer zerstören lassen, bloß um seine Wildbahn zu vergrößern, aber die Vernichtung der Wälder fand fast nirgends so rasch und ausgedehnt statt als in Großbritannien. Schon unter Jakob I. (1603—25) wurde die Umwandlung von Wald in Feld durch ein Prämiensystem begünstigt, noch mehr aber bewirkte die Agrarpolitik Cromwells und die Aufhebung des forest courts sowie der Charta de foresta das Verschwinden der Wälder, an deren Stelle aber nicht immer der Ackerbau, sondern oft die ertragslose Heide trat. In Schottland wurden schon im XVI. Jahrhundert in den Kämpfen mit Rob. Wallace und Rob. Brouce die Waldungen in großem Maßstabe verwüstet — soll doch Jean von Lancaster 24 000 Mann zum Niederhauen der Wälder verwendet haben! —, wie auch Monk 1654 den Wald von Aberfoyle vernichten ließ. Aber gleichwohl datieren die umfangreichsten Verwüstungen der schottischen Bergwälder aus den beiden letzten Jahrhunderten, während Irland seinen Wälderschmuck, der ihm den Namen „green Erin" verschafft hatte, seit dem Anfang des XVII. Jahrhunderts allmählich einbüßte.

Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um die Zahlen, welche uns die gegenwärtige Verteilung der Bewaldung in verschiedenen europäischen Ländern bietet, anschaulich zu machen, denn jede dieser Ziffern erzählt uns von jahrhundertelangen Kämpfen um die Existenz des Waldes, in welchen bald die erhaltenden, bald die zerstörenden Kräfte die Oberhand gewannen. Denn was Riehl [3]) von Deutschland schreibt, gilt oder galt früher auch für die übrigen europäischen Länder:

1) Näheres hierüber von de Gori im ersten Artikel der „forstl. Rundschau Italiens" von Maffei.

2) S. A. di Berenger „Dell' assoluta influenza delle foreste sulla temperatura".

3) W. Riehl „Land und Leute". I. Feld und Wald.

„Bei jeder entscheidenden Volksbewegung wird sogleich dem Walde der Prozeß gemacht. Ein großer Teil der Bauern lebt in steter geheimer Fehde mit den Herren des Waldes und ihren Gerechtsamen; zündet ein Revolutionsfunke, dann entbrennt bei diesen Leuten vor allem „der Krieg um den Wald" ... Siegt dann die Staatsgewalt wieder über die empörten Massen, so hat sie allemale nichts Eiligeres zu tun, als den Prozeß, welchen man dem Wald gemacht, wieder aufzuheben, die Schutzbriefe des Waldes, welche man zerrissen, wieder in Kraft zu setzen."

§ 9. Bei der Betrachtung der gegenwärtigen Bewaldungsverhältnisse der europäischen Staaten ist zu bedenken, daß schon wegen der natürlichen Waldgrenzen, wie sie durch die klimatischen Anforderungen der verschiedenen Baumarten in horizontaler und vertikaler Richtung gezogen sind, manche Gebiete unfähig sind, überhaupt Wälder zu tragen. Die menschliche Tätigkeit, wie wir sie im vorstehenden kennen gelernt haben, hat daher nur modifizierend in die von der Natur selbst gezogenen Grenzen eingegriffen, so daß wir die jetzige Verteilung der Wälder als das Ergebnis beider Einflüsse: der naturgesetzlichen Existenzbedingungen und der Einwirkung des Menschen aufzufassen haben.

Die natürlichen Ursachen, welche die geographische Verbreitung der Baumarten bedingen, sind aber teils klimatischer Art, teils hängen sie mit der Bodenbeschaffenheit zusammen. Nur ein solches Klima kann überhaupt noch ein Baumleben aufkommen lassen, bei welchem die Länge der Vegetationszeit und die Wärmeintensität des Sommers zur Ausbildung eines Holzkörpers aus den Assimilationsprodukten hinreichend sind. Während für unsere genügsamsten Holzarten bisher als Minimum ihrer Wärme-Ansprüche eine Dauer der Vegetationsperiode von drei Monaten und eine Mitteltemperatur des Sommers von 12—14° C angenommen wurde, stellt Mayr in seinem Waldbau den Satz auf, daß ein Baum seine Vegetation innerhalb 45 Tagen beenden könne, und er betrachtet als besten Maßstab zur Beurteilung der Wärmeansprüche der Holzarten die Temperatur, die sich aus dem Mittel von vier Monaten ergibt, welche die Hauptvegetationszeit ganz oder teilweise umfassen, denn nicht die Winter-, sondern die Temperatur der Vegetationszeit sei entscheidend für die Existenz des Waldes. Auf Grund seiner vergleichenden Untersuchungen hat er den weiteren Satz aufgestellt, daß auf der ganzen Erde eine Viermonatstemperatur oder Tetratherme von + 10° C das Minimum sei, das ein Wald zu seiner Existenz verlange (a. a. O. S. 15). Er bezeichnet diese natürliche Waldgrenztherme kurz als Horotherme und die Waldgrenze selbst als Folge der Horotherme als Thermohore.

„Sinkt die Horotherme unter den Betrag von 10°, so sinkt auch der Wald zum Strauchwerk herab, steigt die Horotherme über diesen Betrag, so bleibt natürlich Wald als Bodendecke, es ändert sich aber sein Charakter, seine Zusammensetzung nach verschiedenen Holzarten".

Andererseits ziehen die Minima der winterlichen Temperatur für viele Holzarten eine Grenze der Verbreitung. Nach Mayr kann zwar die tiefste Temperatur das Aufwachsen von Wald nicht hindern; sie spielt aber eine äußerst wichtige Rolle in der Frage nach der Zusammensetzung des Waldes in bezug auf Holzarten (a. a. O. S. 14). Die Polargrenze vieler Holzarten schließt daher weite Gebiete von Skandinavien und Rußland aus, indem z. B.

| | | |
|---|---|---|
| die Kiefer | in Skandinavien bis zum 68—70.° n. B., | in Rußland bis zum 64.° |
| die Fichte | „ „ „ „ 67—71.° „ | „ „ „ „ „ 54.° |
| die Buche | „ „ „ „ 60.° | „ „ „ „ „ „ 50—52.° |
| die Eiche (q. pedunc.) | „ „ „ „ 63.° | „ „ „ „ „ „ 63.° |

die Weißtanne in Deutschland bis zum 49—52.° n. B., in Rußland bis zum 50.° ihre Verbreitungsgrenze erreichen [1]).

In analoger Weise äußert in den Gebirgen die vertikale Erhebung über dem Meeresspiegel wegen der damit verbundenen Temperaturabnahme einen wichtigen Einfluß auf die Verteilung der Baumarten nach „Regionen" und veranlaßt deutlich ausgeprägte Baumgrenzen für die einzelnen Holzarten. So geht z. B. die Buche

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| in der Ostschweiz | nicht | über | 1494 | m |
| in den bayerischen Alpen | „ | „ | 1460 | „ |
| im schweizerischen Jura | „ | „ | 1200 | „ |
| im bayrisch-böhmischen Grenzgebirge | „ | „ | 1260 | „ |
| im Schwarzwald | „ | „ | 1235 | „ |
| in den Karpathen | „ | „ | 1283 | „ , |

während die Fichtengrenze in den bayr. Kalkalpen bei 1860 m, im Böhmerwalde bei 1460 m, jene der Lärche in den bayr. Alpen bei 1890 m, jene der Zirbelkiefer bei 1925 m liegt und der Baumwuchs daselbst mit der Legföhre bei 2140 m überhaupt ganz aufhört. Alles gebirgige Gelände, das über diese Regionen hinausragt, ist daher von Natur aus von der Bewaldung ausgeschlossen, so daß notwendigerweise die Länder der Zentralalpen beträchtliche Flächen ertragslosen Gebietes aufweisen und dadurch kleinere Prozentzahlen der Waldflächen zeigen müssen als die Länder der Ebene und der Mittelgebirge.

Nach Süden hin bestimmt aber hauptsächlich die Menge und Regelmäßigkeit der atmosphärischen Niederschläge die Grenze des Verbreitungsgebietes einer Baumart. Die regenlosen Perioden während der Vegetationszeit dürfen nicht länger sein, als daß der Boden seinen für die Baumwurzeln erforderlichen Feuchtigkeitsgrad zu bewahren vermag; wird z. B. die Grenze überschritten, bei welcher weniger als 6—8 Regentage durchschnittlich in einem der Sommermonate vorkommen, so bereitet die Sommerdürre der Ausbreitung der Waldvegetation eine natürliche Schranke, und es treten dann die Steppen Südrußlands und die Pusten Ungarns als herrschend auf. Dagegen gestattet innerhalb der klimatischen Grenzen des Waldgebietes häufig auf beträchtlichen Strecken die ungünstige Beschaffenheit des Bodens den Calluna- und Erica-Arten günstigere Entwicklungsbedingungen als der Baumvegetation, weshalb wir in den sandigen Niederungen wie auf den moorigen Torfböden der Ebenen und Hochlagen ausgedehnte Heiden, Filze und Hochmoore verbreitet finden, deren Flächen häufig als ertragslose Oedungen ausgeschieden werden müssen [2]).

§ 10. Nach den neuesten und verlässigsten Angaben beträgt die gesamte Waldfläche in den europäischen Staaten folgende Hektarzahl, welche, in Prozenten der ganzen Landesflächen ausgedrückt, die sogen. Bewaldungsziffer oder das Bewaldungsprozent ergibt und nach den weiter folgenden Verhältniszahlen sich unter die verschiedenen Besitzkategorien verteilt:

---

1) Näheres hierüber in A. Grisebach „Die Vegetation der Erde." Leipzig 1884. W. Engelmann. Ferner: H. Mayr „Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa." Berlin 1906. Derselbe „Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage." Berlin 1909.

2) Hierüber näheres in Borggreve „Haide und Wald." Berlin 1875.

Tabelle zu § 10.

| Staaten und Landesteile | Gesamte Waldfläche | Bewaldungsziffer von der Landesfläche | Auf den Kopf der Bevölkerung trifft eine Waldfläche von | Von der gesamten Waldfläche sind im Besitze des Staates und der Krone | der Stiftungen und sonstiger Fonds (Religions- u. Kirchenfonds) | der Gemeinden | der Genossenschaften | der Privaten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ha | % | ha | folgende Prozente | | | | |
| Deutsches Reich[1]) | 13 995 868 | 25,9 | 0,22 [2]) | 33,7 | 1,5 | 16,1 | 2,2 | 46,5 |
| näml. Kgr. Preußen | 8 270 134 | 23,7 | 0,21 | 31,8 | 1,2 | 13,3 | 2,9 | 50,8 |
| „ Bayern | 2 466 553 | 32,5 | 0,36 | 33,9 | 1,9 | 12,5 | 0,8 | 50,9 |
| „ Württemberg | 600 415 | 30,8 | 0,25 | 32,3 | 2,4 | 29,7 | 1,2 | 34,4 |
| „ Sachsen | 384 540 | 25,8 | 0,08 | 45,2 | 2,6 | 6,0 | 0,2 | 46,0 |
| Großhrzgt. Baden | 567 795 | 37,7 | 0,26 | 18,4 | 3,3 | 45,1 | 0,3 | 32,9 |
| Elsaß-Lothringen | 439 832 | 30,3 | 0,23 | 34,6 | 0,6 | 44,7 | — | 20,1 |
| Großhrzgt. Hessen | 240 009 | 31,2 | 0,19 | 29,8 | 0,3 | 36,2 | 0,9 | 32,8 |
| „ Mecklenburg-Schw. | 236 740 | 18,0 | 0,37 | 45,2 | 5,0 | 9,6 | — | 40,2 |
| „ „ Strelitz | 62 225 | 21,2 | 0,58 | 68,1 | 0,3 | 7,9 | — | 23,7 |
| „ Sachsen-Weimar | 93 088 | 25,7 | 0,22 | 47,5 | 1,7 | 15,3 | 1,4 | 34,1 |
| „ Oldenburg | 68 341 | 10,6 | 0,14 | 38,2 | 0,8 | 10,6 | — | 50,4 |
| Braunschweig | 109 473 | 30,1 | 0,25 | 73,5 | 0,2 | 1,5 | 16,3 | 8,5 |
| Sachsen-Meiningen | 103 859 | 42,1 | 0,37 | 42,5 | 0,7 | 23,4 | 8,9 | 24,5 |
| „ -Altenburg | 35 903 | 27,1 | 0,17 | 48,6 | 2,6 | 2,1 | 1,4 | 45,3 |
| „ -Coburg-Gotha | 59 576 | 30,1 | 0,23 | 64,0 | 0,6 | 12,4 | 6,0 | 17,0 |
| Anhalt | 57 794 | 25,1 | 0,17 | 75,2 | 1,2 | 2,1 | 0,1 | 21,4 |
| Waldeck | 42 795 | 38,2 | 0,69 | 62,5 | 0,5 | 21,5 | 1,8 | 13,7 |
| Schwarzburg-Sondershausen | 26 711 | 31,0 | 0,30 | 63,2 | 1,0 | 12,8 | 10,7 | 12,3 |
| „ -Rudolstadt | 41 330 | 43,9 | 0,41 | 47,3 | 1,1 | 11,2 | 2,1 | 38,3 |
| Reuß ä. L. | 11 253 | 35,6 | 0,15 | 38,6 | 2,4 | 1,1 | — | 57,9 |
| Reuß j. L. | 31 197 | 37,8 | 0,20 | 52,9 | 2,2 | 3,3 | — | 41,6 |
| Schaumburg-Lippe | 6 899 | 20,3 | 0,15 | 94,0 | — | — | — | 6,0 |
| Lippe | 33 488 | 27,6 | 0,22 | 45,4 | 0,4 | 10,9 | 1,5 | 41,8 |
| Lübeck | 4 083 | 13,7 | 0,04 | 71,8 | 13,3 | 0,1 | — | 14,8 |
| Hamburg | 1 787 | 4,3 | 0,002 | 59,3 | 0,5 | 6,3 | — | 33,9 |
| Bremen | 48 | 0,2 | 0,0002 | — | — | — | — | 100,0 |
| Oesterreich-Ungarn. | 21 266 347 | 31,5 | 0,41 [4]) | 20,1 | 6,6 | 13,4 | 8,7 | 51,2 |
| A. Oesterreich (Cisleithanien) [3]) nämlich: | 9 767 566 | 32,6 (v. d. produktiven Landesfläche 34,7) | 0,34 | 7,5 | 8,0 | 13,3 | 2,4 | 68,8 |
| Oberösterreich | 408 071 | 34,0 | | 14,3 | 12,7 | 0,7 | 0,3 | 72,0 |
| Niederösterreich | 681 275 | 34,3 | | 4,2 | 6,8 | 5,0 | 2,5 | 81,5 |
| Salzburg | 232 408 | 32,5 | | 58,7 | 0,5 | 3,5 | 2,2 | 35,1 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tirol mit Vorarlberg | 1 103 746 | 37,9 | | 10,6 | 1,4 | 50,5 | 4,4 | 33,1 |
| Steiermark | 1 049 006 | 47,7 | | 5,4 | 7,2 | 8,1 | 3,5 | 80,8 |
| Kärnten | 456 179 | 44,2 | | 2,6 | 6,0 | 1,4 | 6,3 | 83,7 |
| Krain | 441 966 | 44,4 | | 2,4 | 4,8 | 7,7 | 2,7 | 82,4 |
| Küstenland | 234 543 | 29,4 | | 5,3 | 1,8 | 23,1 | 4,8 | 65,0 |
| Dalmatien | 381 190 | 29,7 | | 2,5 | 2,5 | 58,9 | 0,3 | 35,8 |
| Böhmen | 1 522 049 | 29,2 | | 0,4 | 4,9 | 10,9 | 0,7 | 83,1 |
| Mähren | 615 464 | 27,8 | | — | 8,6 | 6,9 | 1,8 | 82,7 |
| Schlesien | 177 290 | 34,4 | | — | 25,2 | 4,3 | 0,5 | 70,0 |
| Galizien | 2 013 557 | 25,6 | | 14,0 | 6,3 | 5,2 | 0,6 | 73,9 |
| Bukowina | 450 822 | 43,2 | | 0,3 | 50,4 | 6,3 | 7,7 | 35,3 |
| B. Ungarn (Transleithanien)[5] | 8 917 196 | 27,4 | 0,43 | 17,0 | 6,8 | 17,4 | 18,4 | 40,4 |
| näml. das eigentliche Ungarn | 7 405 323 | 26,2 | 0,41 | 15,6 | 7,6 | 15,8 | 17,4 | 43,6 |
| Kroatien und Slavonien | 1 511 873 | 35,5 | 0,58 | 23,9 | 3,3 | 25,7 | 21,9 | 25,2 |
| C. Bosnien und Herzegovina[6]) | 2 581 585 | 50,6 (Bosnien — 52,2%, Herzegovina 32,4) | 1,35 | 78,4 | — | — | — | 21,6 |
| Schweiz[7]) | 903 371 | 21,9 (dagegen von d. produktiven Bodenfläche 29,2)[8]) | 0,24[9]) | 4,2[10]) | 67,5 | | | 28,3 |
| Kanton Zürich | 47 736 | 27,7 | 0,09 | 4,9 | | 43,1 | | 52,0 |
| „ Bern | 156 603 | 22,9 | 0,24 | 8,0 | | 52,9 | | 39,1 |

1) Nach den Vierteljahrsheften zur Statistik des Deutschen Reiches, Ergänzungsheft zu 1903, II: Die Forsten und Holzungen im Deutschen Reich, nach der Erhebung des Jahres 1900, bearbeitet im Kaiserl. Statistischen Amt. Berlin 1903. Puttkammer und Mühlbrecht.

2) Unter Zugrundelegung der Zählung vom 1. XII. 1910. Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reiches, herausgegeben vom Kaiserl. Statistischen Amte. XX. Jahrgang, 1911, IV. Heft. Berlin 1911; Puttkammer und Mühlbrecht.

3) Nach den Angaben des Statist. Jahrbuchs des K. K. Ackerbau-Ministeriums für das Jahr 1900, III. Heft: Forst-, Jagd-, Moor- und Torf-Statistik, Wien 1903. Das Statist. Jahrbuch f. d. Deutsche Reich, 1912, gibt die Waldfläche Oesterreichs zu 9 777 900 ha an.

4) Nach der Volkszählung vom 31. XII. 1910 bzw. 10. X. 1910 (Bosnien pp).

5) Nach amtlichen Angaben des K. ungar. Ackerbau-Ministeriums. — Nach dem Statist. Jahrbuch für das Deutsche Reich, 1912, beträgt die Waldfläche Ungarns 9 003 700 ha.

6) Nach Ludwig Dimitz: Die forstlichen Verhältnisse und Einrichtungen Bosniens und der Herzegovina. Wien 1905; Wilh. Frick. — Im Statistischen Jahrbuch für das Deutsche Reich 1912 ist eine Waldfläche von 2 552 300 ha angegeben; Marchet weist als Gesamtwaldfläche 2 549 715 ha nach.

7) Nach dem Etat der schweizerischen Forstbeamten auf den 1. Januar 1912, aufgenommen von der eidgenöss. Inspektion für Forstwesen, auf Grund amtl. Angaben der Kantone. Blaser und Tschanz, Bern, 1912. Die schweizerische Forststatistik, III. Lieferung, bearbeitet von Prof. M. Decoppet-Zürich gibt für 1911 an: 939 223 ha Gesamtwaldfläche; hiervon 4,5% Staatswald, 68,0% Gemeinde- und Korporationswald und 27,5% Privatwald.

8) Nach dem statist. Jahrbuch der Schweiz für das Jahr 1910, herausgegeben vom statist. Bureau des eidgenöss. Departements des Innern, Bern 1911, beträgt:

die produktive Landesfläche der Schweiz 3 090 032 ha = 74,8%
„ unproduktive „ „ „ 1 042 367 „ = 25,2%
somit die Gesamtbodenfläche: 4 132 399 ha

9) Auf Grund der Ergebnisse der eidgenöss. Volkszählung vom 1. Dezember 1910.

10) Den absolut größten Staatswaldbesitz hat der Kanton Bern mit 12572 ha = 8,0%, den relativ größten Schaffhausen mit 1908 ha = 16,0% der ganzen kantonalen Waldfläche.

Fortsetzung der Tabelle zu § 10.

| Staaten und Landesteile | Gesamte Waldfläche | Bewaldungsziffer von der Landesfläche | Auf den Kopf der Bevölkerung trifft eine Waldfläche von | Von der gesamten Waldfläche sind im Besitze des Staates und der Krone | der Stiftungen und sonstiger Fonds (Religions- u. Kirchenfonds) | der Gemeinden | der Genossenschaften | des Privaten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ha | % | ha | folgende Prozente | | | | |
| Kanton Luzern | 33 951 | 22,6 | 0,23 | 2,2 | | 19,0 | | 78,8 |
| „ Uri | 12 364 | 11,5 | 0,55 | 0,7 | | 89,4 | | 9,9 |
| „ Schwyz | 16 817 | 18,5 | 0,29 | — | | 85,1 | | 14,9 |
| „ Unterwalden | 19 095 | 24,9 | 0,62 | 0,6 | | 86,8 | | 12,6 |
| „ Glarus | 10 650 | 15,4 | 0,32 | — | | 92,5 | | 7,5 |
| „ Zug | 5 215 | 21,8 | 0,18 | — | | 71,5 | | 28,5 |
| „ Freiburg | 31 527 | 18,8 | 0,23 | 11,2 | | 49,0 | | 39,8 |
| „ Solothurn | 29 350 | 37,1 | 0,25 | 3,6 | | 76,3 | | 20,1 |
| „ Basel | 14 896 | 32,1 | 0,07 | — | | 76,4 | | 23,6 |
| „ Schaffhausen | 11 938 | 40,6 | 0,24 | 16,0 | | 68,6 | | 15,4 |
| „ Appenzell | 9 214 | 22,2 | 0,13 | 1,9 | | 27,4 | | 70,7 |
| „ St. Gallen | 42 246 | 20,9 | 0,14 | 2,7 | | 59,2 | | 38,1 |
| „ Graubünden | 139 314 | 19,5 | 1,16 | 0,2 | | 90,3 | | 9,5 |
| „ Aargau | 44 752 | 31,9 | 0,19 | 6,7 | | 75,6 | | 17,7 |
| „ Thurgau | 17 993 | 17,8 | 0,13 | 8,1 | | 30,4 | | 61,5 |
| „ Tessin | 72 105 | 25,7 | 0,47 | — | | 79,1 | | 20,9 |
| „ Waadt | 82 583 | 25,4 | 0,26 | 9,2 | | 63,1 | | 27,7 |
| „ Wallis | 78 564 | 15,4 | 0,61 | 0,1 | | 93,8 | | 6,1 |
| „ Neuenburg | 23 880 | 29,6 | 0,18 | 8,4 | | 47,3 | | 44,3 |
| „ Genf | 2 578 | 9,1 | 0,02 | 1,2 | | 7,2 | | 91,6 |
| Frankreich [1]) | 9 608 635 | 18,2 | 0,24 | 12,0 [2]) | — | 23,2 [3]) | — | 64,7 |
| Italien [4]) | 4 000 000 | 14,0 | 0,12 [5]) | 4,0 [6]) | 43,0 [6]) | | 53,0 [6]) | |
| Spanien [7]) | 10 584 102 | 21,0 | 0,54 [8]) | 2,3 | 0,1 | 57,4 [9]) | — | 40,2 |
| | (bewaldete Fläche: 5 000 000 | 9,9 | 0,26) | | | | | |
| Portugal [10]) | 471 830 | 5,1 | 0,09 [11]) | Diese Angaben waren für Portugal nicht zu beschaffen. | | | | |
| Griechenland [12]) | 610 000 | 9,3 | 0,23 [13]) | 80,0 [12]) | — | — | — | 20,0 |
| Türkei [14]) | 2 678 212 | 15,8 | 0,44 | Ueber die Türkei waren Angaben über die Waldbesitzkategorien nicht zu erhalten. | | | | |
| Bulgarien [15]) | 3 041 126 | 31,6 | 0,70 [16]) | 29,7 | 1,8 | 51,4 | — | 17,1 |
| Serbien [17]) | 1 517 000 | 31,4 | 0,52 [18]) | 36,3 | 1,1 | 42,8 | — | 19,8 |
| Rumänien [19]) | 2 755 755 | 21,0 | 0,43 [20]) | 41,3 | — | 4,5 | — | 54,2 |

1) G. Huffel-Nancy „Économie forestière" — I. Band. S. 400, Paris, 1904. Die „Statistique agricole" de 1892 (amtliche Veröffentlichung des Ackerbauministeriums in Paris) gibt 9 521 570 ha Waldfläche an.

2) Nach Économie forestière, S. 402 (Fläche: 1,155788 ha). — Nach der amtlichen Statistik betrug die Staatswaldfläche am 1. Januar 1911: 1 203 004 ha. Davon sind 893 000 ha ertragsfähig, der Rest ist zum größten Teile zum Zwecke der Wildbachverbauung in den Alpen angekauftes Oedland.

3) Hierin sind auch die Waldungen der öffentl. Anstalten, wie z. B. von Spitälern pp., enthalten. Von diesen 23,3% unterstehen 20,2% der staatlichen Beförsterung, 3,1% sind nicht beförstert. — Nach der Économie forestière S. 402 hatte die Gemeindewaldfläche allein eine Größe von 1 937 905 ha, die amtl. Statistik gibt für den 1. I. 1911 — 1 952 525 ha an.

Von den einzelnen Départements hatten im Jahre 1892 nach Huffels Économie forestière, Tome I. S. 400

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20 | ein Bewaldungsprozent | von | 3,5 bis 10, |
| 35 | „ „ | „ | 10 „ 20, |
| 23 | „ „ | „ | 20 „ 30, |
| 7 | „ „ | „ | 30 „ 40, |
| 2 | „ „ | von mehr als | 40. |

4) Nach Mitteilung des Prof. Perona in Vallombrosa. — Nach dem „Bollatino del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercia" beträgt die Waldfläche Italiens 4 211 945 ha, während Prof. Marchet sie auf Grund des Annuario statistico italiano, 1900, zu 4 505 000 ha und das Statistische Jahrbuch für das Deutsche Reich 1912 zu 4 563 700 ha angibt.

5) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1911.

6) Nach der Statistica forestale del Regno d'Italia. Firenze, 1870.

7) Obige Zahlen sind nach Mitteilung des Prof. Campo in St. Escorial entnommen: 1. der Vermögenssteuerrolle von 1879; 2. den Ergebnissen der Volkszählung von 1910; 3. Landesfläche nach dem geogr. statist. Institut. Weiter wurden benutzt: „Statistik der Wälder im öffentlichen Gebrauch im Jahre 1908/09"; „Baum und Wald" von Armentera; „Orientierung in der Forstpolitik" von Campo. — Die bewaldete Fläche schätzt Campo jedoch nur auf 5 000 000 ha; der Rest fällt auf Oedländereien und Hutflächen. — Nach Marchet beträgt die Waldfläche Spaniens 6 500 000 ha; das Statistische Jahrbuch für das Deutsche Reich, 1912, gibt sie sogar zu 24 055 500 ha an.

8) Auf Grund der Volkszählung von 1910.

9) Von den Gemeindewäldern Spaniens unterstehen 4 685 936 ha dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten und 1 393 080 ha dem Finanzministerium.

10) Nach der „Statistique forestière", Paris, 1878. Imp. nationale.

11) Auf Grund der Volkszählung von 1900.

12) Nach Marchet „Holzproduktion und Holzhandel". Auf Grund anderer Quellen gibt er 800 000 ha = 12,2% der Landesfläche an. Nach Dr. N. Chloros beträgt die Waldfläche Griechenlands 820 000 ha, die Staatswaldfläche 656 000 ha.

13) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1907.

14) Nach der „Statistique forestière", Paris, 1878, abzüglich der Waldflächen Bulgariens sowie Bosniens und der Herzegovina. Marchet gibt die Waldfläche der Türkei zu 5 417 418 ha = 14% und Endres (Forstpolitik) zu 4 500 000 ha = 20% der Landesfläche an.

15) Nach der „Publikation über die Lage der Forstwirtschaft im Fürstentum Bulgarien", herausgegeben vom fürstl. bulgarischen Handels- und Ackerbauministerium, Sofia, 1901. — Nach dem Statist. Jahrbuch für das Deutsche Reich, 1912, beträgt die Waldfläche Bulgariens nur 2 831 600 ha = 29,4% der Landesfläche.

16) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1910.

17) Nach Dr. Milan Wasitsch: Unsere Wälder, Belgrad, 1904 und Prof. M. J. Dudan: Die Wälder Serbiens, Oesterr. Vierteljahrsschrift für Forstwesen, Wien, 1904, S. 297 ff. — Das Statist. Jahrbuch für das Deutsche Reich, 1912, gibt die Waldfläche Serbiens nur zu 1 067 000 ha an.

18) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1910.

19) Nach der „Statistica Padurilor Statului", 1907, herausgegeben vom Kgl. Ministerium für Ackerbau pp. Die wirklich bestockte Waldfläche Rumäniens ist allerdings viel kleiner. Nach Mitteilung des Prinzlich Schoenburg'schen Forstmeisters Adolph in Bacau beträgt sie nur 2 037 489 ha. — Nach dem Statist. Jahrbuch für das Deutsche Reich, 1912, beträgt die Waldfläche Rumäniens 2 282 300 ha.

20) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1904.

Fortsetzung der Tabelle zu § 10.

| Staaten und Landesteile | Gesamte Waldfläche | Bewaldungsziffer von der Landesfläche | Auf den Kopf der Bevölkerung trifft eine Waldfläche von | Von der gesamten Waldfläche sind im Besitze des Staates und der Krone | der Stiftungen und sonstiger Fonds (Religions- u. Kirchenfonds) | der Gemeinden | der Genossenschaften | der Privaten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ha | % | ha | folgende Prozente | | | | |
| Großbritannien u. Irland [1]) | 1 242 036 | 4,0 (Großbr. — 4,8; Irland — 1,5) | 0,028 [2]) | 2 | | | | 98 |
| Belgien [3]) | 534 916 | 18,2 | 0,07 [4]) | 6 | 1 | 31 | — | 62 |
| Niederlande [5]) | 246 111 | 7,5 | 0,04 [6]) | 3 | — | 6 | — | 91 |
| Luxemburg [7]) | 86 100 | 33,3 | 0,33 [8]) | Diese Angaben fehlen für Luxemburg. | | | | |
| Dänemark [9]) | 324 200 | 8,3 | 0,12 [10]) | 25 | 3 | 2 | 6 | 64 |
| Schweden [11]) | 21 390 177 | 47,7 | 3,87 [12]) | 27,9 | 10,8 | 3,1 | 58,2 | |
| Norwegen [13]) | 6 911 400 (ca. 17% unproduktiv) | 22,3 | 2,93 [14]) | etwa 12,4 | | 2,6 | — | ca. 85,0 |
| Europ. Rußland ohne Finnland [15]) | 168 143 397 | 31,0 | 1,6 [16]) | 64,0 | 0,7 | 10,1 | — | 25,2 |
| Finnland [17]) | 17 372 020 | 57,0 | 6,4 [18]) | 36,9 | — | — | — | 63,1 |
| Europas Waldfläche | 287 682 603 | 30,2 | 0,69 | | | | | |
| Europas Gesamtfläche | 951 526 844 | | | | | | | |

1) Nach den amtlichen Veröffentlichungen für das Jahr 1910: 1. Board of Agriculture and Fisheries for Great Britain, Vol. XLV; 2. Department of Agriculture for Ireland, Agricultural Statistic.

2) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1911.

3) Nach der „Statistique de l'Administration des Eaux et Forêts" vom Jahre 1905 bzw. 1895.

4) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1910.

5) Nach dem „Verslag over dem Landbouw over 1910" und Angaben des Kgl. Niederländ. Forstinspetors van Dissel.

6) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1909.

7) Nach dem Statist. Jahrbuch für das Deutsche Reich, Jhrg. 1912.

8) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1910.

9) Nach „Skovbrüget i Danmark paa Gründlag af Areal-Opgörelsen af 1907", üdgivet af Statens Statistiske Büreaü, Kopenhagen, 1909.

10) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1911.

11) Nach „Statistik 'Tidskrift", Heft 1; Stockholm 1912. — Marchet gibt die Waldfläche Schwedens zu 20 290 187 ha an = 49,3% der Landesfläche. Hiervon öffentl. Waldungen = 32,5%.

12) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1910.

13) Nach dem „Statistik Jarbog for Kongeriget Norge" 1911 und „Norges offizielle Statistik", V. 145. — Nach Marchet beträgt die Waldfläche Norwegens 7 762 100 ha = 24,4% der Landesfläche.

14) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1910.

15) Nach der Statistik der Waldungen Rußlands von Prof. Surosch für das Jahr 1905; Lesnoj Journal 1909. — Marchet gibt a. a. O. die Waldfläche Rußlands zu 223 360 000 ha an, wovon sein sollen: 68,4% Staatsforste, 2,8% Apanageforste, 8,2% Gemeinde- und andere Forste, 20,6% Privatwaldungen. — Nach Endres „Forstpolitik" beträgt die Waldfläche des europ. Rußland 187 000 000 ha.

16) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1897.

17) Nach Prof. Suroschs Forststatistik (für das Jahr 1898); Lesnoj Journal, 1909. — Nach Marchet nimmt das trockene Waldland eine Fläche von 15 188 464 ha ein = 46,34% der Landesfläche und 81% des produktiven Geländes.

18) Auf Grund der Volkszählung vom Jahre 1900.

§ 11. Die vorstehenden statistischen Zahlen schildern das Gebiet, welches der Forstwirtschaft der Gegenwart zur Verfügung steht; es folgt hieraus, daß die einzelnen Länder in sehr ungleichem Maße mit Wald bedeckt sind, indem begreiflicherweise Gebirgsländer größere Waldflächen enthalten als das Tiefland, schwach bevölkerte Gebiete mehr als dicht bevölkerte, neu besiedelte mehr als die seit Jahrtausenden der Kultur erschlossenen. Im allgemeinen finden wir den Wald mehr und mehr auf die zu keiner anderen Kultur tauglichen Böden (absolute oder unbedingte Waldböden) zurückgedrängt, und im Durchschnitte ganzer Länder gehören (wie in einem späteren § nachgewiesen wird) die Waldflächen meistens der III., IV. und V. Standortsklasse an. Es dürfte deshalb von Interesse sein, einen Blick auf die Wälderverteilung nach Höhenregionen zu werfen, wie sie statistisch in mehreren Staaten verzeichnet und in der folgenden Tabelle zusammengestellt ist.

Uebersicht über die Verteilung der Wälder nach Höhenregionen.

| Regionen von einer Meereshöhe | In Oesterreich [1]) | | | In Württembergs Staatsforsten | | In Frankreich | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Staatsforste | Fondsforste | Zusammen | Laubholz | Nadelholz | Staatsforste u. Stiftungswaldungen | Privatwälder |
| 1—300 m | 2,8 % | 3,4 % | 3,0 % | 6 % | — | 17,19 | 44,61 |
| 300—400 „ | | | | 15 „ | 7 % | 34,41 | 19,32 |
| 400—500 „ | 14,0 „ | 19,2 „ | 15,5 „ | 22 „ | 32 „ | | |
| 500—600 „ | | | | 21 „ | 25 „ | 13,14 | 11,74 |
| 600—700 „ | | | | 23 „ | 18 „ | 6,01 | 7,20 |
| 700—800 „ | 23,1 „ | 31,7 „ | 25,6 „ | 12 „ | 11 „ | | |
| 800—900 „ | | | | 1 „ | 6 „ | 7,00 | 11,78 |
| 900—1000 „ | | | | | 1 „ | | |
| 1000—1200 „ | | | | | | 6,21 | 3,31 |
| 1200—1400 „ | 41,7 „ | 41,3 „ | 41,6 „ | | | 7,80 | 1,64 |
| 1400—1600 „ | | | | | | 3,90 | 0,31 |
| 1600—1800 „ | | | | | | 2,00 | 0,07 |
| 1800—2000 „ | | | | | | 1,62 | 0,01 |
| 2000—2200 „ | 18,3 „ | 4,4 „ | 14,3 „ | | | 0,61 | — |
| über 2200 „ | | | | | | 0,11 | 0,01 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100 | 100 | 100,00 | 100,00 |

Hiernach gehören dem Gebirge über 600 m absoluter Höhe in Oesterreich 81,5% der ganzen Staatswaldfläche (einschl. Fondsforste), in Ungarn 57,3%, in Frankreich 35,26% der Staatsforste und 24,33% der Privatwälder an, während den Höhenlagen von 300 (bzw. 200) — 600 m Seehöhe in Oesterreich 15,5%, in Ungarn 28,0%, in Frankreich 47,55% der Staatsforste und 31,06% der Privatwälder zufallen [2]).

1) Oesterreich ist hier als Cisleithanien gemeint; hingegen ist in den zur Krone Ungarn gehörigen Ländern die Wälderverteilung folgende:
Dem Hochgebirge (über 600 m Seehöhe) gehören 57,3% der Waldflächen
„ Mittelgebirge (200—600 m Seehöhe) „ 28,0% „ „
der Ebene und dem Hügellande „ 14,7% „ „ an.

2) Nach Huffel (a. a. O. S. 401) verteilen sich die Waldungen Frankreichs nach Höhenregionen, wie folgt:
Ebene — bis 400 m Seehöhe . . . . 60,14% der Waldfläche
Hügelland — 400—800 m Seehöhe . . 18,99% „ „
Mittelgebirge — 800—1600 m Seehöhe . 19,46% „ „
Hochgebirge — über 1600 m Seehöhe . 1,41% „ „

Im Deutschen Reiche ist die Verteilung des Waldes (nach Bernhardt) beiläufig folgende:

| | | | |
|---|---|---|---|
| dem süddeutschen Gebirgslande und den Alpen | gehören | an | 30 % |
| dem mitteldeutschen Berg- und Hügellande | „ | „ | 28 % |
| dem nordostdeutschen Binnenflachlande | „ | „ | 10 % |
| dem norddeutschen Berg- und Binnenflachlande | „ | „ | 15 % |
| dem norddeutschen Tieflande | „ | „ | 17 % |

Schon hieraus läßt sich ersehen, daß die Zurückdrängung der Waldflächen auf jene Standorte, auf welchen keine intensivere Bodenbenutzung als die Waldwirtschaft möglich ist, im großen und ganzen sich bereits vollzogen, und daß nur die starke Nachfrage nach Holz bei mangelndem anderweitigem Ersatze in ausgedehnten Tieflagen und landwirtschaftlichen Gegenden die stellenweise Erhaltung der Bewaldung ermöglicht hat. Uebrigens ist das Problem der zweckmäßigsten und rationellsten Verteilung der verschiedenen Kulturarten und Formen der Bodenbenutzung noch keineswegs abgeschlossen, sondern es vollzieht sich, wie die Ziffern für Rodungen und Wiederaufforstungen zeigen, im freien wirtschaftlichen Verkehr ebenso wie unter der staatlichen Kontrolle der Waldwirtschaft eine unausgesetzte Bewegung in den Verschiebungen der Grenzen der einzelnen Kulturarten. Die wirkenden Ursachen hiervon liegen teils in der Bodenerschöpfung und unzureichenden Düngung bei sinkenden Getreidepreisen, hohen Löhnen und steigendem Holzpreise, welche zusammen die Wiederaufforstungen begünstigen, teils in der Bevölkerungszunahme, steigenden Preisen landwirtschaftlicher Erzeugnisse, Ausdehnung der Viehweide, welche zusammen zu Rodungen und zum Uebergang zu arbeitsintensiveren Betrieben anreizen. Die fortwährenden Preisänderungen lassen daher dem rechnenden Landwirt bald das eine, bald das andere rentabler erscheinen, wenn es sich um Flächen handelt, deren Benutzungsart zweifelhaft ist [1]).

## Die Bedeutung der Wälder für das öffentliche Wohl und die staatswirtschaftlichen Gesichtspunkte der Forstwirtschaft.

Rauch „Régéneration da le nature végétale". Paris 1818. Moreau des Jonnès, „Memoires sur le déboisement des forêts". Bruxelles 1825. Ins Deutsche übersetzt von Widenmann. Tübingen 1828. Zwierlein, C. A. „Vom großen Einfluß der Waldungen auf Kultur und Beglückung der Staaten". Würzburg 1807. Stahel. v. Schultes, G. F. Chr. „Der neue Sylvan". Vorlesungen über den Einfluß der Wälder auf die Nationalökonomie usw. Ilmenau 1832. Voigt. Hundeshagen, J. Chr., „Ueber den Einfluß der Wälder auf das Klima und die Länder". Beiträge zur gesamten Forstwissenschaft, III 1. S. 92. v. Pannewitz unter gleichem Titel in den Verhandlungen des schles. Forstvereins 1859. Lange „Welchen Einfluß hat das Ausroden der Waldungen auf das Klima und die Vegetation einer Gegend". Altenburg 1837. v. Baumer. „Betrachtungen über die Abnahme der Waldungen, die Ursachen und Folgen derselben und die Mittel, denselben Einhalt zu tun". Nördlingen 1846. Krutzsch, H. „Ueber den Einfluß der Waldungen auf die Regenverhältnisse in der gemäßigten Zone". Tharandter Jahrbuch 1855 S. 123. Roßmäßler, A. „Der Wald". 1861. Leipzig und Heidelberg. Winter. Becquerel, A. C., „Mémoire sur les forêts et leur influence climatérique". Paris 1866. Becquerel, Edm. „Mémoire sur la temperature de l'air sous bois et hors des bois". Comptes rend. 1869, Nr. 12. Beck, O., „Die Waldschutzfrage in Preußen". Berlin 1860. Nördlinger, H. Dr. „Der Einfluß des Waldes auf die Temperatur". Krit. Blätter 1862. Mayr, Gg. „Einfluß der Wälder auf Klima und Bodenbeschaffenheit". Kritl. Bl. 1863. Bd. 46, S. 41. Floreno, H., „Sull' importanza del mantenimento dei boschi et sul vero regimento della loro amministrazione". Catania 1862. Rentzsch, H. Dr. „Der Wald im Haushalte der Natur und der Volkswirtschaft". Leipzig 1862. Smoler, M. Dr. „Der Wald in seinen Beziehungen

1) Die Ansichten hierüber ändern sich mitunter innerhalb sehr kurzer Zeit. So berichtet z. B. Walther (Silva, 1911, Nr. 35, S. 283), daß die Furcht vor der Holznot und die hohen Holzpreise in den ersten Jahrzehnten des XIX. Jahrhunderts, bis in die 1830er Jahre, in Hessen günstig für die Ausbreitung der Waldwirtschaft gewirkt haben, während kaum 20 Jahre später, in den 1850er Jahren, infolge der zunehmenden Mineralkohlenfeuerung und der dadurch sinkenden Holzpreise die umgekehrte Erscheinung eingetreten sei.



zur Meteorologie und Hygiene". Smol. Vereinsschrift 1863. Gomont, M. „De l'influence des forêts sur le climat, le sol et les eaux". Paris 1866. Contzen, H. Dr. „Einfluß des Waldes auf Klima, Kultur usw." Leipzig 1868. Derselbe „Forstliche Zeitfragen". Leipzig 1870. Ney, E. „Die natürliche Bestimmung des Waldes und die Streunutzung". Dürkheim 1869. v. Baur, F. Dr. „Der Wald und seine Bodendecke". 1869. Monographie. Rivoli, „Der Einfluß der Wälder auf die Temperatur der untersten Luftschichten". Posen 1869. Landolt „Der Wald im Haushalt der Natur und der Menschen". Zürich 1870. Schleiden „Für Baum und Wald". Leipzig 1870. v. Löffelholz-Colberg, F. Frh. „Die Bedeutung und Wichtigkeit des Waldes usw." Leipzig 1872. H. Schmidt. Ebermayer, E. Dr. „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden". Aschaffenburg 1873. Lorenz J. Ritter von Liburnau, Dr. „Wald, Klima und Wasser". München 1873. Wex „Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Kulturländern". Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architektenvereins, Wien 1873 und 1879. Purkyne, E. Dr. „Ueber die Wald- und Wasserfrage". Oesterr. Monatsschr. 1876, S. 136. P. Demontzey „Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes". Paris 1882. In deutscher Bearbeitung von Dr. A. Frhr. v. Seckendorff. Nördlinger, Theod. Dr. „Der Einfluß des Waldes auf die Luft- und Bodenwärme". Berlin 1885. Müttrich, Dr. „Ueber den Einfluß des Waldes auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur". Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1890, S. 385 ff. E. Brückner „Klimaschwankungen seit 1870". Wien u. Olmütz, 1890. Ebermayer, Dr. E. „Untersuchungen über den Einfluß lebender und toter Bodendecken auf die Bodentemperatur". Forstl.-naturwiss. Ztschrft., 1892, 3. Heft. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, 14. Band, 5. Heft. Derselbe, „Klimatische Wirkung des Waldes auf seine Umgebung". Meteorolog. Ztschr., 1893, Juniheft. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg., 1893, Augustheft. E. Ney „Der Wald und die Quellen". Tübingen 1894. F. Pietzcker. H. E. Hamberg „De l'influence des forêts sur le climat de Suède". 5 Teile. Stockholm 1885—96. Ebermayer, Dr. E. „Untersuchungsergebnisse über die Menge und Verteilung der Niederschläge in den Wäldern". Forstl.-naturwiss. Ztschrft., 1897, S. 283 ff. Dr. Paul Schreiber „Die Einwirkung des Waldes auf Klima und Witterung". Dresden 1899. Schönfelds Verlag u. Tharandter forstl. Jahrbuch, 49. Band, S. 85 ff. J. Schubert „Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und in Waldungen" usw. Berlin 1900. Jul. Springer. F. Wang „Grundriß der Wildbach-Verbauung". Leipzig 1901/03. Ebermayer, Dr. E. „Einfluß der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser und auf die Ergiebigkeit der Quellen". Stuttgart, 1900. Müttrich, Dr. „Ueber den Einfluß des Waldes auf die Größe der atmosphärischen Niederschläge". Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen, 1902, S. 27 ff. — Müttrich's Bericht „über die Untersuchung der Einwirkung des Waldes auf die Menge der Niederschläge" auch bei J. Neumann in Neudamm im Druck erschienen. Hornberger „Studien über Luft- und Bodentemperaturen". Forstwiss. Zentralblatt, 1902, S. 479 ff. Dr. Bühler, O. Hartmann, Dr. Hoppe, Dr. Müttrich „Die Wald- und Wasserfrage". Referate, erstattet der IV. Versammlung des internat. Verbands forstl. Versuchsanstalten zu Mariabrunn; Bericht über die Verhandlungen und Exkursionen, Mariabrunn, 1903, S. 24 ff., sowie Zeitschr. f. d. ges. Forstw. Wien, 1903, S. 469 ff. Ebermayer, E. Dr. u. Hartmann, O. „Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Grundwasserstand. Ein Beitrag zur Lösung der Wald- und Wasserfrage. Abhandlungen des Kgl. Bayr. Hydrotechnischen Bureaus. München 1904. Schubert, J. Dr. „Der Einfluß des Waldes auf das Klima nach neuen Untersuchungen der forstlichen Versuchsanstalt in Preußen". Vortrag, gehalten auf der X. allgem. Versammlung der deutschen met. Gesellschaft zu Berlin, 1904. Keller, H., „Einfluß der Zerstörung der Wälder und Trockenlegung der Sümpfe auf den Lauf und die Wasserverhältnisse der Flüsse". Bericht für den X. internationalen Schiffahrtskongreß in Mailand 1905. Brüssel 1905. Engler, A. „Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer". Vortrag, gehalten auf der V. Vers. des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten in Württemberg, 1906. Schubert, J. Dr. „Landsee und Wald als klimatische Faktoren". Geogr. Ztschrft., 1907, S. 668. — Bühler, A. „Wasservorrat und Wasserbewegung im Boden". Vortrag, gehalten bei der XXIII. Versammlung des Württemb. Forstvereins im Jahre 1908. Versammlungsbericht S. 18 ff. Ney, C. E. „Die Gesetze der Wasserbewegung im Gebirge und die Aufgaben der vaterländischen Wasserwirtschaft. Ein Wort der Mahnung an das deutsche Volk". Neudamm, 1911. Wallenböck Dr. R. „Die klimatischen Unterschiede auf Nord- und Südlehnen in ihrer Beziehung zum Wassergehalte des mit Altholz bestandenen und abgestockten Waldbodens". Zentralblatt für das gesamte Forstwesen, 1911, S. 51 ff. Kautz, H. „Schutzwald. Forst- und wasserwirtschaftliche Gedanken". Berlin, 1912.

§ 12. In dem einleitenden Teile wurde gezeigt, wie mannigfach die ganze Kulturentwicklung der Völker die Existenz des Waldes beeinflußte, und wie namentlich die verschiedenen staatsrechtlichen Auffassungen der Aufgaben, welche die Regierungsgewalt in bezug auf die Waldwirtschaft zu erfüllen hat, eine große praktische Bedeutung für die Entwicklung wie andererseits für die Verhinderung einer guten



Forstwirtschaft hatten. Faßt man den Staat als den höchsten, faktisch herrschenden Einheitswillen des Volkes auf, so gehört zu seinen wesentlichsten Aufgaben die Herstellung der moralischen und materiellen Existenzbedingungen seiner Angehörigen. Wenn also auf irgend einem Gebiete die Existenzbedingungen der Gesamtheit in Frage kommen, so rechtfertigt dies ein autoritatives Eingreifen der Staatsgewalt im öffentlichen Interesse, um die Hindernisse für die menschliche Kulturentwicklung zu beseitigen oder erforderlichenfalles unmittelbar fördernde Veranstaltungen zur Erreichung des gemeinschaftlichen öffentlichen Zweckes zu treffen. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn die Kraft des einzelnen unzureichend und eine Zusammenfassung vieler Kräfte zur Erreichung des gemeinsamen Zieles notwendig ist, oder wenn die zeitliche Nachhaltigkeit bei Unternehmungen, welche die Dauer eines Menschenlebens übertreffen, eine Hauptbedingung für das Gelingen des Unternehmens bildet, wie dies in der Forstwirtschaft geschieht. Die Entfaltung einer staatlichen Tätigkeit in dieser Richtung empfiehlt sich um so mehr, wenn der Erfolg derselben möglichst vielen, aber dem einzelnen nur in unmeßbarem Grade zugute kommt (Ad. Wagner). Aber auch da, wo der einzelne in Verkennung der Gefahr, welche seine Handlungen für das öffentliche Interesse nach sich ziehen, sei es in gutem Glauben, sei es aus bösem Willen, das letztere schädigt, ist das Eingreifen der staatlichen Obrigkeit in dessen Interessensphäre gerechtfertigt.

In diesem Sinne hat die Frage der Erhaltung der Wälder, wie uns die Rechts- und Wirtschaftsgeschichte fast aller Staaten zeigt, seit den ältesten Zeiten die Gesetzgeber und die vollziehende Gewalt der Staatsverwaltungen beschäftigt. Man erkannte schon frühzeitig, daß mit der Vernichtung der Wälder eines Landes Veränderungen in seinem physischen Zustande eintreten, die sehr oft verhängnisvoll für die Gesamtheit der Bewohner verlaufen, und schon Plato (Critias) berichtet über das „Erkranken des Landes" infolge der Entwaldungen. Ueber die verschiedenen Bestrebungen des Altertums, den menschlichen Egoismus durch religiöse Weihe sowie durch die Gesetzgebung von der maßlosen Wälderzerstörung abzuhalten, haben wir schon im § 8 gesprochen. Nicht minder zeigen die tausende von landesherrlichen Erlassen, Gesetzen und Forstordnungen, daß im Mittelalter bis in die Neuzeit die Staatsgewalt sich jederzeit im öffentlichen Interesse um die Erhaltung und Verbesserung des Zustandes der Wälder eifrig gekümmert hat. Freilich war hierbei der leitende Beweggrund in der Regel bloß die Sorge für die nachhaltige Bereithaltung des für die Gesamtheit der Einwohner unentbehrlichen Brenn- und Baumaterials; auch spielte die Erhaltung und Schonung der Jagden hierbei sehr häufig eine hervorragende Rolle, namentlich im früheren Mittelalter, zur Zeit als eine Holznot noch nicht befürchtet wurde; aber in den Gebirgsgegenden sowie auf Sandboden und den Dünen wird schon frühzeitig dem Walde ein über seine Grenzen hinausreichender Einfluß auf die Beschaffenheit des Landes zugeschrieben, wozu namentlich die Erfahrungen in Italien beitrugen. Die älteste schriftliche Aufzeichnung über dieses Thema verdankt man dem Spanier Fernando Colon († 1540), welcher in einer Lebensbeschreibung des Admirals Almirante (Kap. 58) eine aus dessen Schiffsjournalen geschöpfte Betrachtung über die Klimate einflicht; es heißt hier[1]):

„Der Admiral schrieb dem Umfange und der Dichtigkeit der Wälder, welche die Rücken der Berge bedeckten, die vielen erfrischenden, die Luft abkühlenden Regengüsse zu, denen er ausgesetzt war, so lange er längs der Küste von Jamaika hinsegelte, und bemerkt hiebei, daß vormals auf Madeira, den canarischen und azorischen Inseln die Wassermenge ebenso

1) S. Alex. v. Humboldt „Kosmos" II. Bd. S. 322.



groß war, aber daß seit jener Zeit, wo man die Bäume abgehauen hat, welche Schatten verbreiteten, die Regen daselbst seltener geworden sind."

Diese Aeußerung ist die erste der zahlreichen, später aus tropischen Ländern zu uns gelangten Klagen über den verderblichen Einfluß der Waldausstockungen auf die klimatischen Verhältnisse, welche wir hier schon des Raumes halber nicht alle anführen können.

Aber auch in Europa sammelte man frühzeitig Erfahrungen über die schlimmen Wirkungen der ausgedehnten Abholzungen; so bemerkt z. B. der kurf. sächsische Advokat K. G. Rössig[1]) über Kurfürst Augusts I. von Sachsen († 1586) Wirtschaftspolitik:

„Nicht weniger sah er übrigens ein, wie nachteilig oft die Ausrottung der Wälder, sobald sie unüberlegt geschieht, für ganze Gegenden werden kann; nicht etwa bloß durch Holzmangel, sondern auch, indem sie über große Landstriche Unfruchtbarkeit verbreiten kann. Wie oft schützt ein Wald die Nahrung einer Gegend! Er deckt ihre Aecker vor den verheerenden Nordwinden, befruchtet oft den Rücken eines Berges durch seinen Schutz und das abfallende Laub und Holz, der sonst ein ganz unfruchtbarer Sandhügel sein würde und dessen Kultur nun, da der Wald vertilgt ist, unmöglich wird. So schreibt man in einigen Gegenden Italiens die Unfruchtbarkeit nicht ohne Grund der Ausrottung der Wälder auf den nahen Gebirgen zu, da man weiß, daß dieselben, da die Wälder noch standen, Früchte brachten und als fruchtbare Länder bekannt waren."

Einen besonderen Aufschwung erhielt die Wertschätzung des Waldes durch die wissenschaftlich exakten Untersuchungen des berühmten Naturforschers Buffon, welcher wie schon im § 3 erwähnt, mehrere Probleme der praktischen Forstwirtschaft zu lösen bemüht war und gelegentlich seiner Reisen auch Beobachtungen über die Wirkungen der ausgedehnten Waldverwüstungen machte, deren Ergebnis er in die Worte zusammenfaßte: „Je länger ein Land bewohnt wird, desto wald- und wasserärmer ist es". Auch Choiseul-Gouffier stellte gelegentlich seiner Reisen in Griechenland Beobachtungen über die mit dem Verschwinden der Wälder zusammenhängende Abnahme des Quellenreichtums in diesem Lande an, während andere Reisende die gleiche Erscheinung der Abnahme des fließenden Wassers in Syrien und Kleinasien wahrnahmen, z. B. Marchand.

Eine praktische Bedeutung erhielten alle diese vereinzelten Beobachtungen aber erst, nachdem die in großartigem Maßstabe betriebenen Waldrodungen im Verlaufe der französischen Revolution die allgemeine Aufmerksamkeit auf die hierdurch hervorgerufenen Schädigungen der öffentlichen Wohlfahrt gelenkt hatten — Schäden, deren Abwendung gegenwärtig mit dem Aufgebote von Millionen Frcs. jährlich und mit Aufwand alles Scharfsinnes der Forst- und Wasserbau-Ingenieure kaum zu bewältigen ist. Zahlreiche Berichte der Verwaltungen und gemeinnützigen Gesellschaften erzählen von den bald nach den großen Waldausstockungen eingetretenen Schädigungen der öffentlichen Wohlfahrt. Schon 1792 schreibt die Administration des Basses-Alpes:

„Die Ausrodungen mehren sich rasch, von Dique bis Entrevaux sind die Gehänge der Gebirge von den schönsten Wäldern entblößt worden; die kleinsten Bäche werden nun zu Strömen und mehrere Gemeinden haben durch das Austreten der Flüsse ihre Ernten, ihre Herden und Häuser verloren."

Im Jahre 1803 äußert sich die Agrikulturgesellschaft in Marseille:

„Die Winter sind strenger, die Sommer trockener und heißer, die wohltätigen Frühlings- und Herbstregen bleiben aus; der Uveaune-Fluß, welcher von O nach W fließt, reißt beim geringsten Gewitter das Gelände mit sich fort und überschwemmt die reichsten Wiesen, aber neun Monate im Jahr liegt sein Bett trocken infolge des Versiegens der Quellen; unregelmäßige, zerstörende Gewitter treten jetzt alljährlich ein, und der Regen mangelt zu jeder Jahreszeit."

---

1) Versuch einer pragmatischen Geschichte der Oekonomie-, Polizei- und Kameralwissenschaften. Leipzig 1782.



Namentlich schon unter dem Konsulat traten die unheilvollen Wirkungen dieser Verwüstungen zutage und wurden von Rougier in einer Denkschrift über die Erhaltung der Wälder und von Thuau in der National-Versammlung lebhaft geschildert (29. Germinal an XI). Seit jener Zeit datiert hauptsächlich die literarische Bewegung zum Schutze des bedrohten Waldes und zur Erörterung seiner Funktionen im Haushalte der Natur, deren wichtigste Bücher etc. wir im Eingang aufgezählt haben, ohne jedoch die Gesamtzahl dieser Literaturgattung damit zu erschöpfen. Die weiteste Verbreitung fand unter diesen das Werk von M. A. Moreau des Jonnès, welches von der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Brüssel veranlaßt und preisgekrönt wurde, jedoch durch die vielfach übertreibende Darstellung und den Mangel an exaktem Beweismaterial auch gleichzeitig zur Diskreditierung dieser Bestrebungen beitrug. Erst dem wissenschaftlichen Ernste, der den Untersuchungen Alex. v. Humboldts, Boussingaults, Becquerels zugrunde lag, gelang es, die Frage über die Bedeutung des Waldes von diesen Uebertreibungen zu befreien, während in der neuesten Zeit Prof. Krutzsch, Forstrat Nördlinger und vor allem Prof. Dr. Ebermayer, Ritter v. Liburnau, Dr. Müttrich, Dr. Schubert, Dr. Bühler u. a. jene Spezialisierung und unmittelbare Versuchsanstellung auf scharf abgegrenzten Gebieten zur Anwendung brachten, wie sie der Gang der induktiven Forschung erfordert [1]).

Anstatt also die zahlreichen aus Reisebeschreibungen oder Chroniken geschöpften, meist nicht kontrollierbaren und deshalb auch mit Vorsicht zu beurteilenden Einzelberichte über vorgekommene Fälle von Temperaturveränderungen, vom Vertrocknen ganzer Landstriche, vom Versiegen der Quellen, Fehlen der Regenniederschläge und des Taues hier zu wiederholen, verweise ich jeden sich dafür interessierenden Leser auf das oben zitierte Sammelwerk von Frhrn. v. Löffelholz-Colberg, in dem mit größtem Fleiß ein 290 Seiten füllendes Material dieser Art aus allen Ländern zusammengestellt und mit Quellenangabe nachgewiesen ist, und wo sich ein umfangreiches Beweismaterial für das Vorhandensein eines dringenden öffentlichen Interresses an der Waldschutzfrage niedergelegt findet. Letzteres kann gesagt werden, selbst wenn man einem großen Teile dieser Quellen keine besondere Beweiskraft beimißt, und wenn man speziell den klimatischen Einfluß des Waldes nach jeder Richtung hin als nicht vorhanden bzw. gering bezeichnen müßte. Es bliebe dann immer noch die Bedeutung des Waldes infolge seiner mechanischen Schutzwirkungen gegenüber verschiedenen Elementarereignissen übrig, die genügt um das öffentliche Interesse an der Walderhaltung zu begründen. In den beiden letzten Jahrzehnten des XIX. Jahrhunderts haben sich nämlich verschiedene Stimmen erhoben, welche die kritische Betrachtung der Walderhaltungsfrage oft bis zur vollständigen Verneinung aller sog. „Wohlfahrtswirkungen des Waldes" trieben Dieser Standpunkt ist zum Teil auch in der I. Auflage der Abhandlung über Forstpolitik dieses Werkes von Professor Dr. Lehr vertreten worden und findet namentlich bei den Bewohnern der Ebenen und des Tieflandes Beifall. Demgegenüber hat sich aber in den Gebirgsländern die Ueberzeugung ungeschwächt erhalten, daß dem Walde ein über seine Grenzen hinausreichender Einfluß auf gewisse klimatische Faktoren und ein Schutz gegen manche mechanische Einwirkungen zuzuschreiben sei, und das Studium dieser Frage hat in neuester Zeit, wie die Berichte wissenschaftlicher Beobachter aus verschiedenen Ländern, wie Rußland, Britisch-Indien und

1) S. hierüber: Ebermayer „Die geschichtliche Entwicklung der forstl. meteorologischen Stationen und ihre zukünftigen Aufgaben". In Ganghofer „Das forstl. Versuchswesen". II. Band, 1. Heft. Augsburg 1882.



Nordamerika beweisen, wieder sehr an Interesse gewonnen. Wir glauben es daher dem Leserkreise dieses Handbuches schuldig zu sein, in Vertretung dieses letzteren Gesichtspunktes, die in vielen Einzelberichten zerstreuten Ergebnisse der exakten Naturforschung über die einzelnen Seiten, welche bei der Wirkung des Waldes zu unterscheiden sind, übersichtlich zu ordnen und so den Gesamteffekt in seine einzelnen Komponenten zu zerlegen. Wir betrachten daher im nachstehenden getrennt:

1. den Einfluß des Waldes auf die Luft- und Bodentemperatur; 2. seine Einwirkung auf die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens, sowie auf den Kreislauf des Wassers; 3. seine Bedeutung als mechanisches Hindernis für die Befestigung des Bodens und der Schneedecke und die Abschwächung der Winde.

### 1. Einfluß des Waldes auf die Luft- und Bodentemperatur.

§ 13. Solange man die Frage über den klimatischen Einfluß der Wälder ohne direkte thermometrische Messungen lediglich nach dem oberflächlichen Augenschein erörterte, kamen die widersprechendsten Urteile darüber zutage. So verlangte im Jahre 1805 der bayerische Landesdirektionsrat Hazzi[1]), daß die Staatsforsten verkauft und überhaupt möglichst viel Wald gerodet werden solle, damit das rauhe Klima Oberbayerns, welches durch Schneedruck, Reife und Hagelschauer die Waldanwohner belästige, gemildert werde. Andere glaubten, daß der Weinbau in Deutschland erst, nachdem ausgedehnte Waldrodungen das Klima geändert hätten, möglich geworden sei, während im diametralen Gegensatze hierzu wieder die Behauptung aufgestellt wurde, daß Waldrodungen die Ursache des Eingehens vieler Weinberge gewesen seien[2]). Da die große Menge überhaupt in der Erklärung von Naturerscheinungen und im Aufsuchen ihrer Ursachen leichtgläubig und naiv ist, so müssen alle die zahlreichen Behauptungen dieser Art mit kritischem Blicke betrachtet werden. Um so mehr verdienen die exakten wissenschaftlichen Forschungen Anerkennung, welche jetzt in vielen Ländern angestellt werden, und deren Ergebnisse im folgenden in ihren Hauptzügen dargestellt werden sollen.

Das Klima, d. h. der durchschnittliche Gang der Luftwärme und Feuchtigkeit einer bestimmten Gegend, wird in erster Linie durch die erwärmende Wirkung der Sonnenstrahlen bedingt und hängt daher von der zweifachen Bewegung der Erdkugel, von der geographischen Lage des betreffenden Ortes, der Verteilung von Land und Wasser, sowie von der Erhebung über die Meeresoberfläche ab. Die Vegetationsdecke und namentlich der Wald vermögen an den so gegebenen klimatischen Verhältnissen nur innerhalb gewisser Grenzen Veränderungen hervorzubringen — Modifikationen, welche indessen beachtenswert werden, wenn es sich um ein großes Areal handelt, das mit dieser Vegetationsform bedeckt ist. Dabei muß vor allem beachtet werden, daß der Ausdruck „Wald" eine gewisse Mannigfaltigkeit verschiedener Holzarten und Bestockungsformen umfaßt, und daß die Wirkungen sich im Laub- und Nadelwald, im Hochwald- oder Niederwald, im geschlossenen oder lückigen Bestand nicht immer gleich bleiben werden; die im folgenden mitgeteilten Beobachtungsergebnisse beziehen sich nur auf ganz geschlossene Waldbestände. Schon Alex. v. Humboldt[3]) rechnete unter die kälteerzeugenden und die mittlere Jahrestemperatur verändernden Ursachen den Wald, wo er in großer Ausdehnung vorhanden ist, und zwar wegen der Verhinderung der Inso-

1) „Die echten Ansichten der Waldungen und Förste" usw. 2 Bände. München 1805.
2) Fischer „Geschichte des Handels" 1793.
3) Kosmos 1. Bd. S. 344.



lation des Bodens (Schattenkühle), dann wegen der großen Verdunstung der lebenstätigen Blätter, endlich wegen der nächtlichen Strahlung, die durch die große Oberflächenausdehnung der Blätter begünstigt wird. Es ist nämlich zu bedenken, daß die atmosphärische Luft ihre Wärme nur zu einem kleinen Teil durch unmittelbare Absorption der Sonnenstrahlen empfängt, den weitaus größeren erhält sie vielmehr durch Rückstrahlung und durch Leitung von dem nicht wärmedurchlassenden (diathermanen) Boden zugeführt. Das Kronendach des Waldes hindert aber diese Erwärmung des Bodens in hohem Grade, so daß der Waldluft vom Boden aus weniger Wärme zugeführt werden kann als der Flurluft und jene daher im Durchschnitt während des Tages kälter sein muß als diese. Auch die Wärmeausstrahlung findet im Blätterdache des Waldes in ganz ähnlicher Weise statt, wie wir dies bei Wiesen nach nächtlichem Tau oder Reif beobachten können, nur sinkt im Walde die erkaltete Luft durch die Zweige herab, weil sie spezifisch schwerer wird; doch unterscheidet sich in dieser letzteren Hinsicht der Wald nicht wesentlich von irgend einer anderen Vegetationsform. Andererseits verhindert das Kronendach die nächtliche Strahlung aus dem Waldboden, so daß die Luftschicht zwischen beiden des nachts meistens eine höhere Temperatur hat, als die des freien Landes ist. Wenn auch die geschilderten Vorgänge sich zunächst nur im Walde selbst abspielen, so ist doch eine gewisse Einwirkung auf die Umgebung durch Zirkulationsströmungen möglich, so daß ein größerer Wald in analoger Weise wie z. B. ein See bis auf gewisse Entfernungen hin klimatische Modifikationen hervorbringen oder ein sog. „Lokalklima" bilden kann, welches gewisse charakteristische Eigentümlichkeiten zeigt. In dieser Hinsicht hat A. Woeikof[1]) in Petersburg interessante Vergleiche zwischen der mittleren Julitemperatur vieler auf gleichen Breitegraden gelegener Stationen angestellt, nachdem die Zahlen der Celsius-Grade auf gleiche Meereshöhe (200 m) reduziert worden waren [2]): Er fand:

beim 38° nördl. Breite

Lissabon 21,4°, Campomajor 24,6°, Palermo 24,7°, Athen 26,2°, Smyrna 25,5°, Lenkoran 23,7°, Krasnowodsk 27,8. Hier fällt besonders auf, daß der waldreiche Westen vom Kaspisee kühlere Temperaturen aufweist als die um 4° heißere Ostküste in der Steinwüste von Krasnowodsk.

bei 42° n. Br.

Oporto 19,8°, Rom 24,0°, Ragusa 23,6°, Poti 21,6°, Kutais 22,8°, Tiflis 26,0°, Orte am Amu Darja 26,8°. Hieraus schließt W., daß die dichten Wälder Mingreliens (Poti) die Temperatur erniedrigen, während in dem waldarmen Tiflis und am Amu Darja eine um 4° höhere Hitze herrscht; einen analogen Verlauf zeigt folgende Reihe von Julimitteln:

bei 46° n. Br.

La Rochelle 19,3°, Mailand 22,7°, Triest 22,6°, Agram 21,7°, Szegedin 22,0°, Arad 22,8°, Orawicza (Ungarn) 19,7°, Pojana Ruska 19,9°, Odessa 21,8°, Cherson 22,5 , Astrachan 24,2°, Orte am Syr Darja 24,5°. Hier fällt namentlich die niedere Temperatur des waldreichen Kroatien und Siebenbürgen auf.

bei 48° n. Br.

Brest 16,8°, Versailles 18,6°, Karlsruhe 19,2°, Wien 19,9°, Debreczin 21,5°, Rosenau 20,5°, Bistritz (Siebenbürgen) 20,0°, Czernowitz 20,5°, Ekaterinoslaw 22,9°, Lugan (Steppe) 22,5°, Irgis (Kirgisensteppe) 24,2°.

Die Temperatur steigt hier vom atlantischen Ozean bis zu den Pußten Ungarns kon-

---

1) Petermanns geogr. Mitteilungen 31. Bd 1885. Heft III. S. 81.

2) Nach Dr. Paul Schreiber (l. c.) verstößt Woeikofs Reduktionsverfahren (Temperaturabnahme von 0,7° C. für je 100 m Erhebung und von 0,5° C. für einen Breitegrad nördlichere Lage) gegen die Regeln des rationellen Rechnens und kann zu recht bedeutenden Fehlern führen. Die Art der Berechnung sei deshalb nicht beweiskräftig.



stant, aber im Osten Ungarns, in dem waldigen Siebenbürgen und der Bukowina, steht sie erheblich tiefer als in den russischen Steppen.

b e i 50° n. Br.

Guernsey 15,8°, Brüssel 17,0°, Würzburg 20°, Promenhof (Böhmen) 18,0°, Prag 20°, Hochwald (mähr. Plateau) 17,6°, Troppau 20°, Orte in den Karpathen 17,9°, Lemberg 18,6°, Kiew 19,0°, Charkow 20,2°, Ssemipalatinsk 22,6°. Auch hier steigt vom Ozean bis zum Maintal die Wärme rasch, dann bewirken aber die großen Wälder an der bayr.-böhmischen Grenze eine Temperaturerniedrigung, die sich nochmals in den Karpathen wiederholt; auch Kiew ist nahe an Wäldern und Sümpfen, dagegen Charkow an der Steppengrenze.

b e i 52° n. Br.

Valentia (Irland) 14,2°, Leipzig 17,0°, Warschau 18,2°, Tschernigow 18,4° Orel und Kursk 19,8°, Poljänki (bei Saratow) 18,7°, Orenburg 20,6°, Akmollins (Kirgisensteppe) 21,1°.

Vom Meere an rasche Temperaturzunahme gegen Mitteldeutschland, gegen den mittleren Dniepr aber und im waldigen Quellengebiet der Ssura eine relative Abnahme, hingegen hohe Temperaturen im Tschernosem-Gebiete und in der Steppe.

Eine ähnliche vergleichende Zusammenstellung von auf gleiche Meereshöhe reduzierten Sommertemperaturen, wie sie gleichzeitig in dem waldreichen Bosnien und der größtenteils aus nacktem Felsgestein bestehenden Herzegovina beobachtet wurden, läßt erkennen, daß das Waldland um 2,5—4,5° kühlere Sommer aufweist als die kahlen, an den „Karst" erinnernden Gebirge der Herzegovina [1]).

Auch in Indien läßt sich eine ganz analoge Erscheinung feststellen, indem die großen Waldkomplexe von Assam, Sylhet und Cachar, trotzdem sie weit vom Meere entfernt sind, in den Monaten April bis Juni um 4° bis 6° C niedrigere Mitteltemperaturen haben, als die unbewaldeten Gegenden gleicher Lage; insbesondere fehlt daselbst die heiße Zeit, welche in dem übrigen Indien in die Monate April—Juni fällt, und es steigt die Temperatur in diesen Waldgebieten konstant vom Januar bis Juli fort. Vor allem aber differieren in den genannten Gebieten die Maximaltemperaturen in auffälliger Weise von jenen des übrigen Indiens; während nämlich diese letzteren 40°—45° C betragen, sind sie in Assam kaum höher als im südlichen Rußland, d. h. 36° C durchschnittlich. Auf eine direkte briefliche Anfrage bei dem Beobachter H. B l a n f o r d, welcher die meteorologischen Beobachtungen in Assam gemacht hatte, erhielt W o e i k o f die Antwort, daß die dichten Wälder, welche Ober-Assam bedecken, als Ursache dieser auffallenden Mäßigung der Temperatur-Extreme anzusehen seien.

§ 14. In dem Widerstreite der Meinungen über die Einwirkungen der Wälder auf das Klima, welcher bloß auf Grund allgemeiner meteorologischer Aufzeichnungen geführt wurde, stellte sich das Bedürfnis nach unmittelbar zu diesem Zwecke angestellten vergleichenden Beobachtungen heraus. Die ältesten meteorologischen Untersuchungen im Walde sollen von P i c t e t und M a u r i c e in der Nähe von Genf zwischen 1796 und 1800 angestellt worden sein, worauf in Deutschland solche des bekannten Meteorologen K a e m t z 1831—34 folgten. Die französische Forstverwaltung suchte 1859—60 namentlich die Regenmengen und die Regenverteilung im Walde an einigen Stationen zu ermitteln. Nachdem ferner im Jahre 1858 B e c q u e r e l in Frankreich Beobachtungen über den Einfluß der Wälder auf die Temperatur und Niederschläge gemacht hatte, wurden zu Anfang der 1860er Jahre in Württemberg von Forstrat H. N ö r d l i n g e r und in S a c h s e n von Professor K r u t z s c h meteorologische Beobachtungen in der Nähe größerer Wälder angestellt,

1) Auch diese Beobachtungen sind mit Vorsicht aufzunehmen. Mit Recht betont Dr. P a u l S c h r e i b e r (l. c.), daß, falls der W a l d an diesen Unterschieden schuld sein sollte, dieselben im Sommer am größten und im Winter am kleinsten sein müßten. Die Beobachtungen haben aber gerade das Gegenteil ergeben. S c h r e i b e r ist geneigt, die Unterschiede den warmen Seewinden zuzuschreiben, welchen die Herzegovina ausgesetzt sei, die aber wegen der Alpenkette nicht nach Bosnien gelangen könnten.

indem an 9 Forsthäusern Stationen zu allgemein meteorologischen Zwecken errichtet wurden. Auch in Frankreich wurden im Jahre 1866 neue systematische Beobachtungen über die Waldklimafrage durch Prof. Matthieu auf 3 meteorologischen Stationen bei Nancy eingeleitet, die von seinen Nachfolgern fortgesetzt worden sind und über deren Ergebnisse verschiedene Veröffentlichungen vorliegen. Eine wesentliche Erweiterung ihrer Aufgaben erfuhren aber die forstlich-meteorologischen Stationen erst durch Prof. Dr. E. Ebermayer, welcher das System der Parallelbeobachtungen im Innern eines geschlossenen Waldbestandes und im Freien auf einer sonst gleich gelegenen Fläche seit 1867 auf 7 Stationen in Bayern zur Durchführung brachte. Ihm schloß sich bald (von 1869 an) das im Kanton Bern von Fankhauser auf 3 Stationen eingerichtete Beobachtungssystem an, wie auch in Böhmen und Italien diese Doppelstationen frühzeitig Nachfolge fanden (in Promenhof und Vallombrosa). Die interessanten Ergebnisse, welche Ebermayer in seinem Werke über „die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“ mitteilte, veranlaßten eine allgemeinere Durchführung dieser Beobachtungsmethode, indem in Preußen 10 solcher Stationen, in Elsaß-Lothringen 3, in den Thüringischen Staaten 2, in Braunschweig und Württemberg je 1 seit dem Jahre 1874 nach und nach entstanden. Diese deutschen Stationen haben nach zum Teil 22-jähriger Beobachtungsdauer ihre ersten Aufschreibungen abgeschlossen, da man der Ansicht war, es sei durch diese Ergebnisse hinreichendes Material für die Beantwortung der Frage über die Unterschiede zwischen Waldluft und Luft des freien Landes geliefert worden. Obwohl Beobachtungen von solchem Umfange voraussichtlich niemals mehr hierüber angestellt werden, hat sich doch sehr bald schon die Ueberzeugung Bahn gebrochen, daß das gelieferte Material zur Bildung eines einwandfreien Urteils über den Einfluß des Waldes auf das Klima, insbesondere über die Frage der Fernwirkung des Waldes, nicht hinreicht. Auf Anregung Danckelmanns im Landesökonomiekollegium hat daher Preußen, dem Beispiele Oesterreichs folgend, seit 1899 durch Anlegung sog. „Radialstationen“ zwei neue Versuchsreihen eingeleitet, von denen die eine die Erforschung des Einflusses des Waldes auf die Temperatur und Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft, die andere die Erforschung des Einflusses des Waldes auf die Niederschläge bezweckt. Dem ersten Zwecke dienen 6 Beobachtungsstationen in der im Reg.-Bezirk Frankfurt a. O. gelegenen „Landsberger Heide“ — Oberförstereien Neuhans und Karzig —, während die Beobachtung und Messung der Niederschläge in 6 sog. „Regenmeßfeldern“ vorgenommen wird, die in den Regierungsbezirken Marienwerder, Posen, Oppeln, Frankfurt a. O., Magdeburg und Merseburg liegen. Jedes dieser „Regenmeßfelder“ (Beobachtungsgebiete) besitzt 3 Arten von Stationen:

1. Waldstationen, welche im Innern des Waldgebietes (von mindestens 3000 ha Größe in möglichst ebener Lage) auf Blössen gelegen sind;

2. Randstationen, die in der Nähe des Waldrandes entweder auf seiner äußeren oder inneren Seite liegen, und

3. Freilandstationen (Feldstationen), welche in größerem Abstande vom Walde (etwa 1000—1500, höchstens 2000 m vom Waldrande entfernt) gelegen sind.

Seit dem Jahre 1876 wurden in Schweden forstlich-meteorologische Beobachtungen organisiert, während in Oesterreich seit 1884 das System „der Radialstationen“ eingerichtet wurde. Auch die meteorologischen Beobachtungen in Ostindien haben

seit dem Jahre 1893 eine Ausdehnung auf Stationen in den Waldgebieten von Beluchistan, Aimere und an der Forstschule in Dehra-Dun (Nordwest-Provinzen) erfahren.

Die Instruktion, nach welcher die deutschen Beobachtungen gemacht werden, sowie die Beschreibung der Stationen ist als Beilage zum Jahrbuch der Preußischen Forstverwaltung, VII. Bd., 1875, gedruckt erschienen, auf welche daher hier verwiesen wird. Für die vorliegende Arbeit sind die früher allmonatlich von Professor Dr. Müttrich veröffentlichten Beobachtungsergebnisse [1]), welche als Beilage der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen erschienen, teilweise bearbeitet und namentlich zunächst folgende Unterschiede der täglichen Mitteltemperaturen zwischen Freiem und Wald in den Tabellen auf Seite 68 nach Jahreszeiten und Jahresmitteln berechnet worden [2]). Hiernach waren im Gesamtdurchschnitte die Unterschiede zwischen der Luft im Walde und dem Freilande folgende: (s. Tabelle S. 68).

§ 15. Vorstehende Zusammenstellung gibt die Uebersicht über die Jahresmittel aller forstlich-meteorologischen Beobachtungsstationen, welche für das preußische Beobachtungsnetz aus 11, seit 1886 aus je 5 zu Lustren vereinigten Jahrgängen gezogen sind, für die bayerischen und württembergischen Stationen nur aus einem Jahre, für die schweizerischen aus 12 und die französischen aus 1—8 Jahren berechnet wurden. In diesem großen Durchschnitte zeigt sich, daß die Luft im Walde fast durchgehends kälter ist als im freien Lande, und zwar im allgemeinen Mittel um etwa ½° C, jedoch ist der Unterschied in dem gebirgigen Gelände im allgemeinen größer, in den großen Ebenen kleiner als dieses Mittel, ja in der Lüneburger Heide war die Differenz sogar eine positive, vermutlich wegen des Schutzes gegen den Wind. Die Holzarten zeigen nicht durchaus einen gleichen Einfluß, indem zwar die Kiefernbestände mehrfach nur geringere Differenzen aufweisen als Buchen- und Fichtenwälder, jedoch in einzelnen Fällen diese wieder übertreffen. Es scheint also hieraus hervorzugehen, daß es weniger die Art der Bestockung ist, welche diese Verschiedenheiten in der Einwirkung des Waldes auf die Mittel-Temperatur bedingt, als vielmehr die Exposition und die Lage gegen die Haupt-Windrichtung. Vergleicht man hingegen die Lufttemperatur im Kronenraume des Waldes mit jener im Freien, so ist die Differenz eine viel, und zwar durchschnittlich um die Hälfte kleinere; an mehreren Stationen ist dieselbe sogar positiv; ein charakteristisches Verhalten der Holzarten ist auch hier nicht festzustellen, sondern es spielt offenbar die Windrichtung eine große Rolle hierbei.

Man kann also sagen, daß im geschlossenen Walde die mittlere Jahrestemperatur der Luft im allgemeinen etwas kühler ist, als im Freien, daß aber diese Differenz nur selten bei einem mehrjährigen Durchschnitte 1° C übertrifft. Es muß aber hier bemerkt werden, daß die Art der Instrumenten-Aufstellung von erheblichem Einfluß auf die Beobachtungs-Ergebnisse ist. Die sogen. „forstliche Hütte" liefert Temperatur-Angaben, die von denen der sogen. „englischen Hütte" etwas abweichen, z. B. war im Jahresmittel für 1897—98 die Waldluft kälter als jene im Freien:

1) Dr. A. Müttrich „Beobachtungsergebnisse der von den forstlichen Versuchsanstalten des Königreichs Preußen, Herzogtum Braunschweig, der Thüringischen Staaten, der Reichslande und dem Landesdirektorium der Provinz Hannover eingerichteten forstl. meteorologischen Stationen". Berlin. J. Springer. Ferner in demselben Verlag die „Jahresberichte über die Beobachtungsergebnisse der forstl. meteorol. Stationen".

2) Die Tagesmittel sind von 1875—81 einschl. aus den beiden täglichen Beobachtungen 8 Uhr morgens und 2 Uhr nachmittags berechnet, seit 1882—85 aber aus den Angaben der Thermometrographen gezogen.

**Im Jahresmittel war die Waldluft kälter (—) oder wärmer (+) als die Luft im Freien um folgende Grade Celsius.**

| Kurze Beschreibung der Beobachtungsstationen | | | Mittlere Differenzen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1875—85 | | 1886—90 | | 1891—95 | |
| Station | Seehöhe m | Holzbestand | bei 1,5 m | in der Baumkrone | bei 1,5 m | in der Baumkrone | bei 1,5 m | in der Baumkrone |
| **Preußen, Braunschweig, Thüringen, Elsaß-Lothringen.** | | | | | | | | |
| Fritzen, Ostpreuß. | 30 | 45—65j. Fichten | — 0,43 | — 0,20 | — 0,5 | — 0,2 | — 0,6 | — 0,5 |
| Kurwien, Ostpreuß. | 124 | 80—150j. Kiefern | — 0,08 | + 0,20 | — 0,2 | — | 0,0 | — |
| Carlsberg, Schlesien | 690 | 45—65j. Fiehten | — 0,39 | + 0,11 | — 0,6 | — | — 0,6 | — |
| Eberswalde, Mark B. | 42 | 45—65j. Kiefern | — 0,14 | — 0,14 | — 0,5 | — 0,4 | — 0,5 | — 0,3 |
| Schmiedefeld, Thüring. | 680 | 60—80j. Fichten | — 0,40 | + 0,07 | — 0,2 | 0,0 | — 0,1 | 0,0 |
| Friedrichsroda, Thüring. | 853 | 65—95j. Buchen | — 0,64 | — 0,26 | — 0,4 | — 0,1 | — 0,3 | — 0,1 |
| Sonnenberg, Harz | 774 | 45—65j. Fichten | — 0,23 | + 0,17 | — 0,1 | — | — 0,3 | — 0,2 |
| Marienthal, Braunschw. | 143 | 60—80j. Buchen | — 0,25 | — 0,08 | — 0,2 | 0,0 | — 0,4 | — |
| Lintzel, Hannover | 95 | Lüneburger Heide | + 0,14 | — | — 0,1 | — | — 0,2 | — 0,2 |
| Hadersleben, Schleswig | 34 | 70—90j. Buchen | — 0,36 | — 0,11 | — 0,1 | + 0,1 | — 0,5 | — |
| Schoo, Ostfriesland | 3 | 20—40j. Kiefern | — 0,12 | — 0,12 | — 0,1 | — 0,1 | — 0,2 | 0,0 |
| Lahnhof, Rhein. Schief.-Geb. | 602 | 70—90j. Buchen | — 0,16 | — 0,22 | — 0,4 | — 0,4 | — 0,6 | — 0,5 |
| Hollerath, Eifel | 612 | 45—65j. Fichten | — 0,21 | — 0,28 | — 0,7 | — 0,6 | — 0,8 | — 0,9 |
| Hagenau, Unt.-Elsaß | 145 | 55—85j. Kiefern | — 0,91 | — 0,97 | — 1,1 | — 0,7 | — 1,3 | — 0,6 |
| Neumath, Lothringen | 340 | 45—65j. Buchen | — 0,39 | — 0,12 | — 0,3 | — 0,3 | — 0,6 | — 0,4 |
| Melkerei, Unt.-Elsaß | 930 | 60—100j. Buchen | — 0,96 | — 0,36 | — 1,0 | — 0,8 | — 0,6 | — 0,5 |

**Im Vergleiche hierzu ergaben die Beobachtungen in Bayern, Württemberg, der Schweiz und Frankreich:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Bayern**[1]) | | | | |
| Duschlberg, bayr. Wald | 901 | 40j. Ficht. u. Tann. | — 1,37 | — 0,76 |
| Seeshaupt, Oberbayern | 595 | 40jähr. Fichten | — 1,44 | — 0,11 |
| Rohrbrunn, Spessart | 476 | 60jähr. Buchen mit einig. 200j. Eichen | — 0,22 | + 0,07 |
| Johanneskreuz, Pfalz | 476 | 60jähr. Buchen | — 0,95 | — 0,75 |
| Ebrach, Steigerwald | 381 | 50 jähr. Buchen | — 1,06 | — 0,56 |
| Altenfurth bei Nürnberg | 325 | 36jähr. Kiefern | — 0,80 | — 0,13 |
| **Württemberg**[2]) | | | | |
| St. Johann bei Urach | 760 | 50jähr. Fichten | — 0,90 | —0,50 |
| **Schweiz**[3]) | | | | |
| Brückwald bei Interlaken | 800 | 50 jähr. Lärchen | — 0,91 | |
| Löhrwald bei Bern | 500 | 40jähr. Fichten | — 1,05 | |
| Fahywald bei Pruntrut | 450 | 50—60j. Buchen | — 0,76 | |
| **Frankreich**[4]) | | | | |
| Hayer-Wald b. Bellefontaine | 240 | 65j. Buch. u. Eich. | — 0,4 | |
| Halatter-Wald bei Fleurines | 120 | 30jähr. Eichen und Hainbuchen | — 0,5 | |
| Ermenonvillerwald b. Thiers | 100 | 25jähr. Kiefern | — 1,0 | |
| | | Gesamt-Durchschnitt | — 0,58 | — 0,23 |

1) Dr. E. Ebermayer „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“. Aschaffenburg 1873.

2) Dr. Theod. Nördlinger „Der Einfluß des Waldes auf Luft- und Bodenwärme“. Berlin 1885.

3) In der „schweizerischen Zeitschrift für das Forstwesen“ nach Monatsmitteln veröffentlicht. Eine übersichtliche Zusammenstellung der 13jährigen Beobachtungsreihe hat Dr. E. Wollny im V. Band seiner „Forschungen aus dem Gebiete der Agrikultur-Physik“ S. 316—331 veröffentlicht, aus welcher die Differenzen berechnet wurden.

4) Mathieu „Météorologie comparée agricole et forestière“ 1878, dann Fautrat „Observations météorologiques“.

für Eberswalde in ersterer um 0,67° C, in letzterer um 0,52° C (Mittel aus 8 h u. 2 h)
„ Friedrichsroda „ „ „ 0,90° „ „ „ „ 0,46° „
„ Sonnenberg „ „ „ 0,90° „ „ „ „ 0,66° „ [1]).

Da aber jede Art der Aufstellung ihre spezifischen Vor- und Nachteile hat, so benützen wir für die nachfolgenden Erörterungen die Beobachtungen, welche 22 Jahre lang an allen deutschen forstl.-meteorologischen Stationen ausgeführt wurden. Ebenso sind die gebrauchten Instrumente selbst von Einfluß auf die Ergebnisse. Das z. Z. bevorzugte Aspirations-Psychrometer liefert andere Temperatur-Angaben als die gewöhnlichen Quecksilber-Thermometer, und es fallen bei ersterem die Unterschiede zwischen Freiluft und Waldluft geringer aus als bei letzterem.

§ 16. Wichtiger als das Jahresmittel ist die Ermittlung der Unterschiede in den verschiedenen Jahreszeiten, da hier die Wirkungen des Waldes ziffermäßig schärfer hervortreten und sich die positiven und negativen Größen nicht so aufrechnen wie beim Jahresmittel. Um diese Frage zu beantworten, sind die Beobachtungsergebnisse der Stationen des preußischen Netzes nach Jahreszeiten berechnet und die Unterschiede in den Tabellen auf Seite 70 u. 71 zusammengestellt worden, ebenso sind die schweizerischen Beobachtungen, in gleichem Sinne bearbeitet, auf Seite 71 aufgeführt. Als Hauptresultate ergeben sich aus allen Beobachtungen folgende Zahlen:

(s. Tabellen S. 70 und 71).

Demnach ist zwar im Verlaufe des ganzen Jahres die Waldluft durchschnittlich von niedrigerer Temperatur als jene des freien Landes, aber dieser erkältende Einfluß tritt am stärksten im Hochsommer hervor, wie überhaupt der Temperatur-Unterschied zwischen Freiem und Wald nahezu proportional mit der Luftwärme steigt; demnach ist dieser Unterschied im Winter äußerst gering und hält im Frühjahr und Herbst beiläufig die Mitte zwischen beiden ein. Offenbar ist also die Verhinderung der unmittelbaren Sonnenbestrahlung des Bodens während der langen Tagesdauer im Sommer, in Verbindung mit der starken Verdunstung mittelst der Transpirationsvorgänge, von mächtigerem Einfluß auf die Lufttemperatur, als die Abhaltung des Windes und die etwaige Abschwächung der nächtlichen Strahlung.

Um den Gang des Temperatur-Unterschiedes zwischen Freiem und Wald von Monat zu Monat darzustellen, dazu reicht der uns hier zur Verfügung stehende Raum nicht aus, weshalb wir nur die Jahreszeiten-Mittel berechnet haben. Es möge hier nur auf die von Professor Dr. J. Schubert in dem erstgenannten Artikel berechneten 2 jährigen Mittelwerte der Beobachtungen in Eberswalde (Kief.), Sonnenberg (Ficht.) und Friedrichsroda (Buchen) hingewiesen werden, welche von den verschiedenen Fehlerquellen möglichst befreit sind. Demnach war die Waldluft kälter oder wärmer (+) als die Luft der Freistation:

| Holzart | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dezbr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kiefern | + 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | + 0,1 |
| Fichten | + 0,3 | + 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | + 0,1 | + 0,2 |
| Buchen | + 0,1 | 0,0 | + 0,1 | + 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | + 0,1 |

1) Näheres hierüber s. J. Schubert „Vergleichende Temperatur- und Feuchtigkeitsbestimmungen“ in den Abhandlungen des K. Preuß. meteorolog. Instituts. Berlin 1901. Asher u. Co. Ferner: derselbe „Ueber die Ermittelung der Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschiede zwischen Wald und Feld“. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1893, S. 441 ff. und „Temperatur und Feuchtigkeit der Luft auf dem Felde und im Kiefernwalde“, daselbst 1895, S. 509 ff.

**Im Mittel der einzelnen Jahreszeiten war im Tagesmittel die Waldluft in Brusthöhe (d. i. 1,5 m über dem Boden) um folgende Grade Celsius wärmer (+) oder kälter (—) als die Luft im Freien bei gleicher Höhe und im Schatten.**

| Durchschnitt aus den Jahrgängen | Fritzen | Kurwien | Carlsberg | Eberswalde | Schmiedefeld | Friedrichs-roda | Sonnenberg | Marienthal | Lintzel | Hadersleben | Schoo | Lahnhof | Hollerath | Hagenau | Neumath | Melkerei |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Holzarten | Ficht. | Kief. | Ficht. | Kief. | Ficht. | Buch. | Ficht. | Buch. | — | Buch. | Kief. | Buch. | Ficht. | Kief. | Buch. | Buch. |
| **Im Frühling (März, April, Mai)** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vieljähr. Mittel 1875—85 | — 0,39 | — 0,11 | — 0,55 | — 0,11 | — 0,46 | — 0,27 | — 0,41 | + 0,17 | — 26,0 | — 0,07 | + 0,02 | + 0,14 | — 0,29 | — 0,84 | + 0,14 | — 0,88 |
| 5 jähr. „ 1886—90 | — 0,47 | — 0,23 | — 0,90 | — 0,50 | — 0,43 | — 0,23 | — 0,30 | — 0,00 | + 0,87 | + 0,07 | — 0,07 | — 0,27 | — 0,93 | — 0,93 | + 0,20 | — 0,73 |
| 5 „ „ 1891—95 | — 0,63 | — 0,28 | — 0,90 | — 0,40 | — 0,23 | + 0,10 | — 0,57 | — 0,30 | — 0,07 | — 0,27 | — 0,10 | — 0,80 | — 1,43 | — 0,80 | + 0,18 | — 0,30 |
| **Im Sommer (Juni, Juli, August)** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vieljähr. Mittel 1875—85 | — 0,89 | — 0,29 | — 0,38 | — 0,21 | — 0,33 | — 1,54 | — 0,80 | — 0,86 | + 0,11 | — 1,09 | — 0,29 | — 0,65 | — 0,72 | — 0,74 | — 1,25 | — 1,76 |
| 5 jähr. „ 1886—90 | — 0,90 | — 0,80 | — 0,83 | — 0,90 | — 0,33 | — 1,43 | — 0,23 | — 0,70 | — 0,37 | — 0,67 | — 0,17 | — 0,87 | — 1,37 | — 2,00 | — 0,73 | — 1,83 |
| 5 „ „ 1891—95 | — 1,00 | — 0,07 | — 0,90 | — 0,73 | — 0,20 | — 1,20 | — 0,30 | — 1,00 | — 0,57 | — 1,10 | — 0,30 | — 1,20 | — 1,73 | — 2,20 | — 0,93 | — 1,37 |
| **Im Herbst (September, Oktober, November)** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vieljähr. Mittel 1875—85 | — 0,47 | + 0,01 | — 0,54 | — 0,18 | — 0,48 | — 0,56 | — 0,20 | — 0,90 | — 0,01 | — 0,30 | — 0,22 | — 0,24 | — 0,09 | — 0,82 | — 0,39 | — 0,73 |
| 5 jähr. „ 1886—90 | — 0,57 | — 0,13 | — 0,43 | — 0,47 | — 0,10 | — 0,27 | — 0,10 | — 0,17 | — 0,80 | — 0,17 | — 0,27 | — 0,47 | — 0,53 | — 1,10 | — 0,30 | — 0,87 |
| 5 „ „ 1891—95 | — 0,70 | — 0,03 | — 0,50 | — 0,40 | — 0,07 | — 0,43 | — 0,27 | — 0,33 | — 0,20 | — 0,47 | — 0,30 | — 0,77 | — 0,53 | — 1,37 | — 0,53 | — 0,43 |
| **Im Winter (Dezember, dann Januar und Februar des folgenden Jahres)** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vieljähr. Mittel 1875—85 | + 0,01 | + 0,09 | — 0,08 | — 0,05 | — 0,34 | — 0,21 | 0,00 | — 0,02 | + 0,21 | 0,00 | — 0,01 | + 0,10 | + 0,28 | — 0,23 | — 0,06 | — 0,48 |
| 5 jähr. „ 1886—90 | — 0,07 | + 0,10 | — 0,27 | — 0,07 | + 0,13 | + 0,03 | + 0,20 | — 0,10 | + 0,23 | + 0,07 | 0,00 | — 0,10 | — 0,20 | — 0,33 | — 0,13 | — 0,47 |
| 5 „ „ 1891—95 | — 0,17 | + 0,03 | — 0,07 | + 0,30 | — 0,17 | — 0,03 | — 0,03 | — 0,07 | — 0,03 | — 0,13 | — 0,03 | — 0,23 | — 0,13 | — 0,57 | — 0,23 | — 0,13 |

**Die Waldluft im Kronenraume der Waldbäume war um folgende Celsiusgrade wärmer (+) oder kälter (—) als die Luft im Freien.**

| Vieljähr. Mittel 1875—85 | Fritzen | Kurwien | Carlsberg | Eberswalde | Schmiedefeld | Friedrichs-roda | Sonnenberg | Marienthal | Lintzel | Hadersleben | Schoo | Lahnhof | Hollerath | Hagenau | Neumath | Melkerei |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| im Frühjahr | — 0,12 | + 0,20 | + 0,22 | — 0,15 | + 0,14 | + 0,01 | + 0,06 | + 0,21 | — | 0,00 | + 0,08 | — 0,01 | — 0,40 | — 1,15 | + 0,26 | — 0,26 |
| im Sommer | — 0,51 | + 0,36 | + 0,07 | — 0,19 | + 0,13 | — 0,84 | + 0,21 | — 0,26 | — | — 0,47 | — 0,18 | — 0,58 | — 0,53 | — 0,96 | — 0,70 | — 1,20 |
| im Herbst | — 0,24 | + 0,15 | — 0,12 | — 0,15 | — 0,14 | — 0,25 | + 0,15 | — 0,13 | — | — 0,13 | — 0,29 | — 0,33 | — 0,25 | — 1,16 | — 0,21 | — 0,23 |
| im Winter | + 0,08 | + 0,08 | + 0,29 | — 0,08 | + 0,16 | + 0,03 | + 0,28 | + 0,22 | — | + 0,18 | — 0,08 | + 0,05 | + 0,08 | — 0,59 | + 0,16 | + 0,25 |

| Forstlich-meteorologische Beobachtungsnetze | im Frühjahre mittlere | im Frühjahre höchste | im Frühjahre niedrigste | im Sommer mittlere | im Sommer höchste | im Sommer niedrigste | im Herbst mittlere | im Herbst höchste | im Herbst niedrigste | im Winter mittlere | im Winter höchste | im Winter niedrigste |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Unterschied zwischen Waldlufttemperatur in 1,5 m Höhe und Luft im Freien in C° | | | | | | | | | | | |
| Preußisches | — 0,23 | — 0,88 | + 0,26 | — 0,76 | — 1,76 | + 0,11 | — 0,35 | — 0,82 | + 0,01 | — 0,05 | — 0,48 | + 0,28 |
| Bayerisches | — 1,27 | — 2,06 | + 0,06 | — 2,04 | — 2,92 | — 1,01 | — 0,74 | — 1,20 | — 0,19 | — 0,47 | — 1,33 | + 0,60 |
| Schweizerisches | — 0,74 | — 1,02 | — 0,42 | — 1,51 | — 1,64 | — 1,34 | — 0,87 | — 0,92 | — 0,82 | — 0,51 | — 1,03 | — 0,20 |
| Französisches | — 0,43 | — 0,90 | — 0,20 | — 1,03 | — 1,20 | — 0,90 | — 0,70 | — 1,00 | — 0,30 | — 0,37 | — 0,70 | — 0,20 |
| Württemberg. | — 0,80 | | | — 1,70 | | | — 0,50 | | | — 0,30 | | |
| | Unterschied zwischen Waldluft in der Baumkrone und im Freien in C° | | | | | | | | | | | |
| Preußisches | — 0,06 | — 1,15 | + 0,26 | — 0,40 | — 1,20 | + 0,36 | — 0,22 | — 1,16 | + 0,30 | — 0,08 | — 0,59 | + 0,29 |
| Bayerisches | — 0,42 | — 0,89 | + 0,15 | — 1,07 | — 2,23 | — 0,25 | — 0,27 | — 0,46 | — 0,01 | 0,00 | — 0,26 | + 0,47 |
| Württemberg. | — 0,50 | | | — 1,00 | | | — 0,20 | | | 0,00 | | |

**Schweizer Beobachtungen: Im Jahreszeitenmittel war das Tagesmittel der Lufttemperatur im Walde in 3 m Höhe höher (+) oder niedriger (—) als die Lufttemperatur im Freien (gemessen in 3 Höhe) um folgende Grade Celsius.**

| Jahrgänge | Temperaturunterschied in 3 m Höhe: Station **Interlaken** (Brückwald) | Station **Bern** (Löhrwald) | Station **Pruntrut** (Fahywald) | Temperaturunterschied in 3 m Höhe: Station **Interlaken** (Brückwald) | Station **Bern** (Löhrwald) | Station **Pruntrut** (Fahywald) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Im Frühlinge (März, April, Mai) | | | Im Sommer (Juni, Juli, August) | | |
| 1869 | — 0,73 | — 1,02 | — 0,56 | — 1,28 | — 1,27 | — 1,52 |
| 1870 | — 0,47 | — 0,67 | — 0,34 | — 0,87 | — 0,90 | — 1,35 |
| 1871 | — 0,76 | — 0,66 | — 0,32 | — 1,49 | — 1,21 | — 1,40 |
| 1872 | — 0,55 | — 0,73 | — 0,49 | — 1,86 | — 0,42 | — 1,45 |
| 1873 | — 0,61 | — 0,89 | — 0,42 | — 1,74 | — 1,74 | — 1,63 |
| 1874 | — 0,94 | — 1,25 | — 0,52 | — 1,83 | — 1,46 | — 1,61 |
| 1875 | — 0,96 | — 1,16 | — 0,57 | — 1,83 | — 1,59 | — 1,48 |
| 1876 | — 0,80 | — 1,09 | — 0,29 | — 1,91 | — 1,16 | — 1,49 |
| 1877 | — 0,79 | — 1,09 | — 0,42 | — 1,73 | — 1,71 | — 1,76 |
| 1878 | — 0,96 | — 1,21 | — 0,62 | — 1,76 | — 1,50 | — 1,90 |
| 1879 | — 0,81 | — 1,05 | — 0,30 | — 1,91 | — 1,56 | — 1,57 |
| 1880 | — 0,90 | — 1,23 | — 0,18 | — 1,94 | — 1,55 | — 1,22 |
| Mittel | — 0,77 | — 1,02 | — 0,42 | — 1,64 | — 1,34 | — 1,56 |
| | Im Herbst (September, Oktober, November) | | | Im Winter (Dezember und Januar, Februar des folgenden Jahres) | | |
| 1869 | — 0,81 | — 1,09 | — 0,99 | + 0,05 | — 1,39 | + 0,10 |
| 1870 | — 0,50 | — 0,39 | — 0,81 | — 0,27 | — 1,24 | — 0,03 |
| 1871 | — 0,88 | — 0,23 | — 0,69 | — 0,10 | — 1,63 | — 0,03 |
| 1872 | — 0,72 | — 0,76 | — 0,84 | — 0,02 | — 1,28 | — 0,49 |
| 1873 | — 0,93 | — 0,93 | — 0,92 | — 0,68 | — 0,98 | — 0,17 |
| 1874 | — 1,06 | — 1,28 | — 0,63 | — 0,35 | — 0,89 | — 0,12 |
| 1875 | — 1,06 | — 0,93 | — 1,23 | — 0,34 | — 1,04 | — 0,00 |
| 1876 | — 1,04 | — 0,96 | — 0,90 | — 0,28 | — 0,52 | — 0,28 |
| 1877 | — 1,09 | — 0,94 | — 0,84 | — 0,43 | — 0,36 | — 0,79 |
| 1878 | — 1,08 | — 0,86 | — 0,88 | — 0,37 | — 1,05 | — 0,19 |
| 1879 | — 0,97 | — 0,76 | — 1,08 | — 0,33 | — 2,12 | 0,00 |
| 1880 | — 0,97 | — 0,79 | — 0,53 | — 0,41 | — 0,06 | — 0,35 |
| Mittel | — 0,92 | — 0,82 | — 0,86 | — 0,29 | — 1,03 | — 0,20 |

Hiernach ist es also während des Winters im Walde sogar in der Regel etwas wärmer als auf freiem Felde. Wenn daher der Wald auf großen Flächen vernichtet wird, so tritt die Wirkung dieser Veränderung hauptsächlich in einer Steigerung

der Sommerhitze zutage, indem nun die ausgleichenden Zirkulationsströmungen zwischen der kühleren, spezifisch schwereren Waldluft und der heißeren, aufsteigenden Luft des freien Feldes hinwegfallen. Auch im Frühjahr und Herbst wird zwar eine derartige Ausgleichung noch stattfinden, indessen in geringerem Grade, während im Winter ein merkbarer Einfluß auf die mittlere Tagestemperatur vom Walde nicht zu erwarten ist. Uebrigens ist wohl zu beachten, daß die Ergebnisse dieser Doppelstationen und ihrer Parallelbeobachtungen immerhin noch durch die meistens nur geringe Entfernung der Freistation von der Waldgrenze abgeschwächt werden, da sie teilweise, je nach der Windrichtung, selbst wieder unter dem Einflusse des Lokalklimas des Waldes stehen. Es zeigt sich dies u. a. bei den Stationen Hagenau, Melkerei und einigen bayerischen, welche bei Entfernungen von 700—1800 m schon beträchtlich höhere Unterschiede der beiden verglichenen Temperaturen aufweisen. Man hat gerade aus diesem Grunde in Oesterreich begonnen, das System der sogen. „Radialstationen" für das forstlich-meteorologische Netz in Anwendung zu bringen, wobei von einem größeren Waldkomplex ausgehend in bestimmt abgestuften Entfernungen nach verschiedenen Richtungen Stationen mit ähnlichen Parallelbeobachtungen wie die obigen angelegt werden.

In dem Kronenraume des Waldes, wo die Sonnenbestrahlung unter Tags und die Abkühlung durch Ausstrahlung bei Nacht sich viel stärker geltend macht als in der Nähe des Bodens, ist der Unterschied der Tagesmittel während des ganzen Jahres ein geringerer als der soeben besprochene. Die Abkühlung der Waldluft ist im Bereiche der Baumkronen bei Tage geringer als in Brusthöhe über dem Boden, bei Nacht dagegen größer. Im Winter beträgt die Differenz der Tagesmittel meistens durchschnittlich wenig über oder unter 0°, im Sommer beiläufig die Hälfte der im obigen besprochenen.

Von großem Interesse ist es außerdem, den Einfluß des Waldes auf den täglichen Gang der Lufttemperatur zu kennen, da sich hieraus die für die Mittel der Tagestemperatur gefundenen Gesetze am besten erklären. (Siehe die Tabelle auf S. 73.)

Noch genauer tritt der Einfluß des Waldes auf den täglichen Gang der Lufttemperatur aus einer Beobachtungsreihe der Station Eberswalde hervor, wo im Jahre 1879 vom 15.—30. Juni zweistündliche Beobachtungen durch Geh. Rat Prof. Dr. Müttrich veranlaßt wurden. Auch diese Beobachtungen zeigten, daß nachts die Waldluft wärmer (+), vom Sonnenaufgang an aber kälter (—) ist als die Luft des freien Landes, und zwar im Mittel um folgende Grade Celsius [1]):

| Mitternacht | Nachts | | Morgens | | | Mittags | Nachmittags | | Abends | | Nachts |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 h | 2 h | 4 h | 6 h | 8 h | 10 h | 12 h | 2 h | 4 h | 6 h | 8 h | 10 h |
| + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | + |
| 0,42 | 0,44 | 0,51 | 0,48 | 0,61 | 0,82 | 0,89 | 0,94 | 0,85 | 1,25 (?) | 0,15 | 0,43 |

Als Gesamtmittel der Tagesdifferenz ergibt sich, daß die Waldluft um 0,34° C kälter war.

Da hier die Verminderung der Insolation und jene der Ausstrahlung sich nicht gegenseitig aufgerechnet haben, so tritt die Rolle, welche das Kronendach des Waldes gegenüber diesen Faktoren spielt, hier viel deutlicher hervor. Während der Nacht überwiegt der Schutz gegen die Abkühlung der untersten Luftschichten durch Strahlung, zugleich kommt dann die Abgabe von Wärme mittelst Leitung von den tags-

1) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1890, S. 385 ff.

**Zu den verschiedenen Tageszeiten war die Waldluft durchschnittlich kälter (—) oder wärmer (+) als die Luft im Freien.**

| Tageszeit der Beobachtung | Fritzen | Kurwien | Carlsberg | Eberswalde | Schmiedefeld | Friedrichsroda | Sonnenberg | Marienthal | Lintzel | Hadersleben | Schoo | Lahnhof | Hollerath | Hagenau | Neumath | Melkerei | Gesamt-Durchschnitt d. Beobachtungs-Netzes | Durchschnitt der sieben bayer. forstl. Stationen | Württembergische Stationen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Holzarten | Ficht. | Kief. | Ficht. | Kief. | Ficht. | Buch. | Ficht. | Buch. | — | Buch. | Kief. | Buch. | Kief. | Kief. | Buch. | Buch. | | | |
| **Mittel für Frühjahr (März, April, Mai) 1886 bis 1890** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittl. Minim. | + 0,33 | + 0,80 | + 0,67 | + 0,37 | + 1,30 | + 0,80 | + 1,47 | + 0,77 | + 0,17 | + 0,27 | + 0,63 | + 0,67 | + 0,80 | + 0,20 | + 0,33 | + 0,63 | + 0,64 | + 0,50 | + 0,40 |
| Vormitt. 8 h | — 0,87 | — 0,60 | — 0,93 | — 0,66 | — 1,10 | — 0,27 | — 0,80 | — 0,20 | + 0,40 | — 0,13 | — 0,27 | — 0,57 | — 0,80 | — 1,80 | — 0,13 | — 0,43 | — 0,56 | — 1,22 | — 0,80 |
| Nachmitt. 2 h | — 0,63 | — 0,80 | — 1,50 | — 0,90 | — 1,60 | — 0,33 | — 1,66 | — 0,30 | 0,00 | — 0,17 | — 0,33 | — 0,67 | — 1,73 | — 1,67 | + 0,07 | — 1,27 | — 0,84 | — 1,33 | — 1,00 |
| Mittl. Maxim. | — 1,23 | — 1,23 | — 2,70 | — 1,47 | — 2,60 | — 1,00 | — 2,13 | — 0,80 | + 0,03 | — 0,13 | — 0,67 | — 1,13 | — 2,57 | — 2,13 | + 0,07 | — 2,10 | — 1,37 | — 1,61 | — 2,70 |
| **Mittel für Sommer (Juni, Juli, August) 1886 bis 1890** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittl. Minim. | + 0,53 | + 1,03 | + 1,13 | + 0,57 | + 1,63 | + 1,37 | + 1,87 | + 1,43 | + 0,33 | + 0,80 | + 0,90 | + 1,27 | + 1,07 | + 0,40 | + 0,93 | + 0,77 | + 1,01 | + 1,90 | + 1,60 |
| Vormitt. 8 h | — 1,87 | — 0,70 | — 1,20 | — 1,30 | — 1,53 | — 1,77 | — 1,17 | — 1,80 | 0,00 | — 1,07 | — 0,57 | — 1,67 | — 1,40 | — 3,47 | — 1,07 | — 1,77 | — 1,40 | — 2,00 | — 1,80 |
| Nachm. 2 h | — 1,73 | — 1,03 | — 1,53 | — 1,50 | — 1,63 | — 2,40 | — 1,53 | — 2,00 | — 0,80 | — 1,63 | — 0,73 | — 1,97 | — 2,27 | — 3,33 | — 1,77 | — 2,97 | — 1,80 | — 2,12 | — 1,70 |
| Mittl. Maxim. | — 2,37 | — 1,50 | — 2,77 | — 2,27 | — 2,40 | — 4,20 | — 2,30 | — 2,90 | — 0,53 | — 2,20 | — 1,30 | — 3,00 | — 3,73 | — 4,43 | — 2,40 | — 4,43 | — 2,67 | — 3,95 | — 4,30 |
| **Mittel für Herbst (September, Oktober, November) 1886 bis 1890** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittl. Minim. | + 0,13 | + 0,77 | + 0,90 | + 0,50 | + 1,30 | + 1,03 | + 1,57 | + 1,23 | + 0,23 | + 0,57 | + 0,70 | + 0,80 | + 0,90 | + 0,77 | + 0,43 | + 0,93 | + 0,80 | + 2,38 | + 0,50 |
| Vormitt. 8 h | — 0,50 | — 0,40 | — 0,47 | — 0,27 | — 0,37 | — 0,47 | — 0,43 | — 0,70 | + 0,47 | — 0,20 | — 0,10 | — 0,43 | — 0,27 | — 1,77 | — 0,47 | — 0,67 | — 0,44 | — 0,50 | — 0,60 |
| Nachmitt. 2 h | — 0,90 | — 0,67 | — 1,00 | — 0,87 | — 1,17 | — 1,00 | — 1,37 | — 1,07 | — 0,37 | — 0,73 | — 0,73 | — 1,17 | — 1,27 | — 1,92 | — 0,80 | — 1,67 | — 1,04 | — 0,79 | — 0,40 |
| Mittl. Maxim. | — 1,30 | — 1,13 | — 1,40 | — 1,40 | — 1,66 | — 1,57 | — 1,83 | — 1,57 | — 0,73 | — 0,83 | — 1,23 | — 1,77 | — 1,93 | — 2,83 | — 1,07 | — 2,63 | — 1,55 | — 1,53 | — 2,90 |
| **Mittel für Winter (Dezember, Januar, Februar) 1886 bis 1891** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittl. Minim. | + 0,30 | + 0,88 | + 0,70 | + 0,37 | + 1,27 | + 0,60 | + 1,63 | + 0,53 | + 0,23 | — 0,07 | + 0,57 | + 0,60 | + 0,73 | + 0,53 | — 0,03 | + 0,53 | + 0,59 | + 1,17 | — 0,10 |
| Vormitt. 8 h | — 0,27 | + 0,07 | — 0,23 | + 0,33 | + 0,43 | + 0,27 | + 0,33 | + 0,10 | + 0,10 | + 0,13 | + 0,13 | + 0,17 | + 0,20 | — 0,40 | — 0,07 | 0,00 | + 0,09 | + 0,51 | — 0,20 |
| Nachmitt. 2 h | — 0,23 | — 0,37 | — 0,43 | — 0,43 | — 0,73 | — 0,17 | — 0,90 | — 0,33 | + 0,03 | + 0,07 | — 0,33 | — 0,47 | — 0,30 | — 0,80 | — 0,03 | — 0,80 | — 0,39 | — 0,61 | — 0,50 |
| Mittl. Maxim. | — 0,43 | — 0,50 | — 1,20 | — 0,43 | — 0,97 | — 0,43 | — 1,23 | — 0,70 | — 0,33 | + 0,13 | — 0,50 | — 0,80 | — 1,03 | — 1,30 | — 0,37 | — 1,07 | — 0,71 | — 0,69 | — 1,50 |

über erwärmten Bäumen zur Geltung, so daß bei Nacht die Waldluft meistens wärmer ist, als jene des Feldes — ein Unterschied, der im Sommer am größten, im Winter und Frühling am kleinsten ist. Nach Sonnenaufgang beginnt schon die beschattende Wirkung der Blätter und Zweige, die Temperatur zu ermäßigen, was sich bis zum Eintritt des Maximums noch steigert, um dann gegen Abend wieder schwächer zu werden. Im Sommer treten diese Erscheinungen begreiflicherweise am deutlichsten hervor, während sie im Winter sich innerhalb enger Grenzen bewegen.

Zahlenmäßig äußert sich dies in der geringeren Schwingungsweite der täglichen Temperaturschwankung, welche die Waldluft gegenüber jener der Luft des freien Landes aufweist. Aus den von Dr. Müttrich a. a. O. mitgeteilten vieljährigen Beobachtungsreihen hat Prof. Dr. P. Schreiber[1]) folgende Unterschiede in Graden Celsius berechnet, um welche die monatlichen Mittel der Schwingungsweiten der täglichen Periode im Walde hinter jener im Freien zurückbleiben.

| | im Frühling | im Sommer | im Herbst | im Winter | im Jahresmittel |
|---|---|---|---|---|---|
| Kiefernwald | —1,57 | —2,77 | —2,03 | —1,07 | —1,86 |
| Fichtenwald | —2,87 | —3,70 | —2,63 | —1,90 | —2,77 |
| Buchenwald | —1,13 | —4,27 | —2,20 | —0,87 | —2,12. |

Im Kronenraume des Waldes sind die täglichen Temperaturschwankungen — entsprechend dem Verhalten der Tagesmittel (s. S. 72) — im allgemeinen größer als in Brusthöhe; immerhin liegen sie noch unter denen auf freiem Felde. Ausführliche Einzelheiten über diese Einwirkung des Waldes auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur sind in der zitierten umfangreichen Arbeit von Prof. Dr. Müttrich gegeben.

§ 17. Nachdem sich schon bei diesen Betrachtungen gezeigt hat, daß es vorzüglich die täglichen Maximal- und Minimaltemperaturen sind, auf welche der Wald ausgleichend einwirkt, liegt der Schluß nahe, daß die absoluten Extreme der Lufttemperatur während des Jahres ganz besonders diesen Einfluß zum ziffermäßigen Ausdruck bringen müssen. Auch in praktischer Hinsicht handelt es sich, wenn von einem klimatischen Einfluß der Wälder die Sprache ist, in der Regel nur um die Abstumpfung der Temperatur-Extreme, welche für die Vegetation ebenso schädlich sind, wie für die menschliche Gesundheit. Entwaldungen in größerem Umfange würden voraussichtlich in der Regel die Temperaturverhältnisse einer Gegend in extremer Richtung beeinflussen: die warme Jahreszeit würde noch wärmer, die kalte dagegen noch kälter werden[2]). Gerade die hohe Sommerwärme und die tiefen Temperaturen der Winter sind für die baumlose Ebene und das Karstgebirge besonders charakteristisch, sie begründen das kulturfeindliche Klima der Steppe und verhindern, im Verein mit dem Mangel an Feuchtigkeit, die Verbreitung und das Gedeihen aller Nutzpflanzen.

Um einen Einblick in die quantitative Wirkung, welche der Wald auf die Abminderung der Extreme ausübt, zu erhalten, sind die 21 jährigen Beobachtungen des preußischen Netzes in bezug auf die Unterschiede zwischen den höchsten Sommer-

1) Dr. P. Schreiber „Die Einwirkung des Waldes auf Klima und Witterung". Tharandter forstl. Jahrbuch, 49. Band. Dresden 1899. Schönfelds Verlag.

2) Bezüglich Schwedens kommt allerdings Hamberg zu dem Schlusse, daß „durch die Abholzung aller Waldungen Schwedens der Feuchtigkeitsgehalt der Luft keine bedeutende und für die Vegetation schädliche Aenderung erfahren würde. Nur die relative Feuchtigkeit würde im Sommer wahrscheinlich ein wenig vermindert werden, weil die Temperatur sich ein wenig heben würde. Im Vergleich zu dem Einfluß der Seen sei der Wald eine sehr schwache Feuchtigkeitsquelle". (a. a. O. III. 1889, S. 56 und 58, nach Endres, Forstpolitik, Berlin, 1905, S. 171).



temperaturen der Wald- und Feldluft, sowie auf die Differenzen der tiefsten Wintertemperaturen (im Januar) berechnet und in der Tabelle auf Seite 76 u. 77 zusammengestellt. Als Gesamtresultat ergibt sich hieraus nachstehender Unterschied zwischen Wald- und Feldluft in Celsius-Graden:

| In bezug auf die | höchste Julitemperatur | | | niedrigste Januartemperatur | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| beträgt | im Gesamtdurchschnitte | höchster Unterschied | niedrigster Unterschied | im Gesamtdurchschnitte | höchster Unterschied | niedrigster Unterschied |
| bei dem preußischen Beobachtungsnetz: | | | | | | |
| a) bei 1,5 m über dem Boden 1875—85 | — 3,26 | — 6,50 | — 0,5 | + 1,50 | + 2,70 | 0,00 |
| a) bei 1,5 m über dem Boden 1886—95 | — 3,46 | — 6,10 | — 0,9 | + 1,62 | + 5,30 | 0,10 |
| b) in der Baumkrone 1875—85 | — 2,23 | — 4,90 | + 0,2 | + 1,80 | + 3,10 | 0,30 |
| b) in der Baumkrone 1886—95 | — 2,85 | — 5,40 | — 0,5 | + 1,40 | + 4,00 | 0,10 |
| bei dem bayerischen Beobachtungsnetz: | | | | | | |
| in Brusthöhe | — 4,23 | — 5,30 | — 3,00 | + 0,78 | + 2,10 | — 0,50 |
| bei den württembergischen Beobachtungen | | | | | | |
| a) bei 1,5 m über dem Boden | — | — 4,70 | — | — | + 1,60 | — |
| b) in der Baumkrone | — | — 3,10 | — | — | — | — |

Hiernach beträgt selbst im Durchschnitte vieljähriger, zahlreicher Beobachtungen die Abstumpfung der höchsten Julitemperatur 3¼°—4¼° C, also so viel wie oben von Woeikof als Unterschied der Julitemperatur zwischen den waldlosen und bewaldeten Ländern Indiens angegeben wurde. Ueberhaupt zeigt sich auch hier wieder, daß der Temperatur-Unterschied zwischen Feld und Wald mit wachsender Temperatur zunimmt, was von Geh. Rat Müttrich und Prof. Schubert ausführlicher nachgewiesen wurde. Das Alter der Holzbestände macht sich gleichfalls in diesen Unterschieden geltend, indem die Mittelhölzer und die geschlossenen Stangenhölzer kräftiger beschirmen als junge Kulturen (Lintzel) oder sehr alte Bestände (Kurwien). Daß außerdem auch die geographische Lage einen Einfluß auf diese mäßigende Wirkung des Waldes ausübt, zeigt die Vergleichung der einzelnen Stationen: In der Lüneburger Heide, sowie in Westfriesland (Schoo), in Eberswalde, sowie in Ostpreußen (Kurwien und Fritzen) fand nur eine unbedeutende Abschwächung der höchsten Julihitze statt, deren Ursache nicht sicher angegeben werden kann. In Carlsberg (Schlesien) scheint das nach Norden vorliegende Massiv des Heuscheuergebirges die Freistation vor stärkerer Abkühlung zu schützen, während umgekehrt örtliche Einflüsse in Friedrichsroda ungewöhnlich hohe Unterschiede der Maxima hervorbringen, wie überhaupt die Stationen im Binnenlande eine konstante und starke Einwirkung des Waldes auf die Temperatur zeigen. Wahrscheinlich hat die herrschende Windrichtung einen großen Einfluß auf diese Verhältnisse, und es hat daher der Versuch Rivolis, die Abweichungen mit der thermischen Windrose in Zusammenhang zu bringen, eine beachtenswerte Berechtigung. Auf diese Weise würden sich namentlich die Abschwächungen der Winterkälte, wie sie die folgende Tabelle zeigt, besser erklären lassen; z. Z. kann man daraus nur entnehmen, daß die Waldluft in 1,5 m Höhe die Schwankungen der winterlichen Extreme nicht mitmacht, sondern um 1,5°—3,00° wärmer bleibt, und zwar in dem Kronenraum noch mehr als in Brusthöhe.

Inwiefern aber die Holzarten und die Bestandsbeschaffenheit die Extreme der Luftwärme im Walde beeinflussen, ergibt sich, wenn man das Mittel für Buchen, Fichten und Kiefern aus dieser Tabelle (S. 76 und 77) zieht:

**Beobachtungs-Ergebnisse der Stationen des preußischen Beobachtungsnetzes und die höchsten und niedrigsten Lufttemperaturen**

| Jahr und Monat | Fritzen | | Kurwien | | Carlsberg | | Eberswalde | | Schmiedefeld | | Friedrichsroda | | Sonnenberg | | Marienthal | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5m | Baumkrone |
| **Juli** | **Unterschied der absoluten Maxima der Lufttemperatur im Juli zwischen … als jene im** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1875 | — | — | — | — | 0,6 | 0,4 | — | — | — | — | 8,1 | 6,9 | — | — | — | — |
| 1876 | 2,6 | 2,1 | 0,8 | +2,0 | +0,5 | +0,8 | 1,9 | — | — | — | 6,5 | 5,1 | — | — | — | — |
| 1877 | 2,7 | 2,4 | 1,1 | +3,2 | +0,2 | +0,3 | 0,8 | 1,2 | — | — | 8,8 | 7,3 | 2,0 | 1,1 | — | — |
| 1878 | 5,4 | 5,0 | 1,2 | +4,6 | 1,0 | 0,0 | 1,9 | 2,0 | — | — | 6,6 | 5,0 | 3,5 | 2,2 | 4,9 | 3,9 |
| 1879 | 3,3 | 3,1 | 1,6 | +0,5 | 0,7 | 0,1 | 2,1 | 1,3 | — | — | 5,9 | 4,3 | 3,3 | 1,8 | 4,9 | 4,1 |
| 1880 | 3,8 | 3,5 | 1,5 | 1,1 | 1,4 | +1,0 | 1,9 | 1,2 | — | — | 4,1 | 2,6 | 2,0 | 1,4 | 4,7 | 2,9 |
| 1881 | 2,3 | 2,1 | 1,8 | 1,7 | 1,4 | 0,1 | 1,6 | 1,2 | — | — | 5,0 | 3,9 | 1,7 | 1,3 | 3,2 | 1,6 |
| 1882 | 3,2 | 3,0 | 1,8 | 1,8 | 3,3 | 1,8 | 1,0 | 1,2 | 1,7 | 1,2 | 7,8 | 5,6 | 1,1 | 0,2 | 3,2 | 2,5 |
| 1883 | 2,0 | 1,8 | 2,0 | 0,5 | 1,4 | +0,2 | 2,8 | 2,4 | 2,4 | 1,7 | 8,5 | 6,9 | 2,0 | 1,0 | 5,1 | 4,2 |
| 1884 | 4,3 | 3,5 | 2,5 | 2,4 | 3,5 | 1,6 | 2,7 | 1,5 | 1,6 | 1,0 | 4,6 | 1,6 | 1,6 | 0,4 | 5,4 | 3,5 |
| 1885 | 3,4 | 2,5 | 2,5 | 2,0 | 4,0 | 0,7 | 3,4 | 2,8 | 2,6 | 1,7 | 5,9 | 5,2 | 1,8 | 1,1 | 5,3 | 3,8 |
| **Mittel 1875-85** | **3,3** | **2,9** | **1,7** | **+0,2** | **1,5** | **0,2** | **2,0** | **1,6** | **2,1** | **1,4** | **6,5** | **4,9** | **2,1** | **1,2** | **4,6** | **3,3** |
| 1886 | 3,1 | 2,6 | 2,5 | — | 4,7 | — | 3,5 | 2,5 | 2,0 | 1,8 | 11,3 | 8,3 | 3,2 | 2,1 | 5,0 | 3,8 |
| 1887 | 2,8 | 2,0 | 2,5 | — | 4,0 | — | 3,6 | 2,4 | 3,0 | 2,8 | 7,5 | 6,0 | 4,2 | 3,7 | 5,6 | 3,0 |
| 1888 | 2,9 | 1,9 | 2,0 | — | 5,1 | — | 2,6 | 2,1 | 4,1 | 3,4 | 5,3 | 4,3 | 2,8 | — | 3,6 | 3,0 |
| 1889 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | — | 2,8 | — | 1,6 | 1,5 | 2,4 | 2,5 | 5,7 | 5,3 | 1,9 | — | 3,8 | 2,8 |
| 1890 | 2,1 | 0,8 | 0,6 | — | 2,5 | — | 3,0 | 2,1 | 4,3 | 3,2 | 6,8 | 5,3 | 1,7 | — | 3,0 | 2,6 |
| 1891 | 4,4 | 3,7 | 1,0 | — | 4,6 | — | 3,4 | 1,7 | 1,4 | 0,8 | 6,6 | 5,2 | 4,0 | — | 3,4 | 3,8 |
| 1892 | 3,7 | 3,0 | 0,1 | — | 5,0 | — | 3,3 | 2,9 | 1,3 | 1,5 | 4,3 | 3,2 | 2,5 | — | 5,2 | 5,9 |
| 1893 | 5,1 | — | 0,5 | — | 2,5 | — | 2,9 | — | 1,7 | — | 3,8 | — | 2,1 | — | 5,7 | — |
| 1894 | 2,7 | — | 0,9 | — | 3,6 | — | 2,1 | — | 1,8 | — | 4,5 | — | 2,2 | — | 3,2 | — |
| 1895 | 1,8 | — | 0,5 | — | 5,2 | — | 2,4 | — | 0,2 | — | 5,3 | — | 1,8 | — | 5,0 | — |
| **Mittel 1886-95** | **3,1** | **2,2** | **1,2** | — | **4,0** | — | **2,8** | **2,2** | **2,2** | **2,3** | **6,1** | **5,4** | **2,6** | — | **4,4** | **3,6** |
| **Jan.** | **Unterschied der absoluten Minima der Lufttemperatur im Januar … die Waldluft** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1876 | 1,2 | 1,5 | 0,5 | 0,1 | 2,8 | 3,6 | 0,7 | — | — | — | 4,0 | 3,0 | — | — | — | — |
| 1877 | 1,2 | 1,0 | —0,8 | 0,5 | 4,7 | 4,6 | —0,4 | —0,8 | — | — | —1,0 | —1,0 | — | — | — | — |
| 1878 | 0,8 | 0,7 | 2,4 | 4,8 | 1,4 | 2,5 | 0,2 | 0,6 | — | — | —0,1 | 0,9 | 4,9 | 5,3 | — | — |
| 1879 | 0,3 | 1,0 | 3,4 | 3,8 | 3,3 | 3,7 | 2,1 | 1,9 | — | — | 1,5 | 1,6 | 3,7 | 3,5 | 2,9 | 4,5 |
| 1880 | 2,2 | 2,4 | 2,9 | 1,7 | 2,5 | 2,4 | 1,8 | 1,8 | — | — | 4,0 | 4,0 | 2,7 | 2,5 | 3,6 | 4,2 |
| 1881 | 2,9 | 2,2 | 2,4 | 3,7 | 3,1 | 3,7 | 2,0 | 1,7 | — | — | 3,8 | 4,4 | 6,0 | 5,9 | 5,1 | 5,0 |
| 1882 | 0,8 | 1,2 | 2,5 | 2,2 | 2,3 | 2,6 | 2,2 | 2,5 | 2,9 | 3,2 | 0,5 | 1,2 | 3,4 | 3,3 | 0,8 | 1,8 |
| 1883 | 1,9 | 2,1 | 1,5 | 1,1 | 2,5 | 1,8 | 1,0 | 0,0 | 1,5 | 1,7 | —0,3 | —0,8 | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 1,3 |
| 1884 | 0,8 | 1,1 | 2,4 | 3,0 | 3,1 | 2,4 | 0,8 | 1,1 | 2,5 | 3,2 | 1,6 | 1,9 | 1,2 | 1,4 | 0,5 | 0,3 |
| 1885 | 3,7 | 4,0 | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 1,6 | 1,4 | 0,9 | 1,2 | 1,3 | 3,3 | 2,9 | 2,4 | 2,3 | 2,1 | 4,1 |
| **Mittel 1876-85** | **1,6** | **1,7** | **1,8** | **2,2** | **2,7** | **2,9** | **1,2** | **1,1** | **2,0** | **2,3** | **1,7** | **1,8** | **3,2** | **3,1** | **2,2** | **3,0** |
| 1886 | 1,3 | 1,5 | 1,3 | 2,5 | 1,6 | 2,1 | 1,6 | 1,6 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | 3,3 | 7,2 | 5,7 | 4,1 | 5,6 |
| 1887 | 1,5 | 1,5 | 1,9 | — | 5,4 | — | 1,8 | 0,7 | 3,9 | 3,5 | 4,4 | 4,0 | 4,0 | 2,9 | 3,3 | 2,7 |
| 1888 | 0,2 | —0,6 | 2,5 | — | 3,2 | — | 1,5 | 0,2 | 5,3 | 5,5 | 1,9 | 3,0 | 6,9 | 5,6 | 4,8 | 4,7 |
| 1889 | 1,9 | 1,5 | 2,0 | — | 0,5 | — | 1,9 | 1,4 | 3,3 | 3,4 | 1,4 | 1,0 | 6,3 | — | 0,7 | 1,0 |
| 1890 | 0,2 | 0,3 | 2,3 | — | 1,6 | — | 1,1 | 1,1 | 2,8 | 2,8 | 1,6 | 2,5 | 2,9 | — | 4,0 | 4,1 |
| 1891 | —0,1 | —0,2 | — | — | 0,6 | — | 0,7 | 0,6 | 4,8 | 4,9 | 4,6 | 5,7 | 4,7 | — | 5,2 | 4,9 |
| 1892 | 0,8 | —0,6 | 1,5 | — | 2,1 | — | 1,9 | 1,2 | 3,3 | 3,8 | 2,0 | 3,8 | 6,2 | — | 2,1 | 2,2 |
| 1893 | 3,1 | — | 2,9 | — | 2,1 | — | 1,8 | — | 5,3 | — | 3,8 | — | 6,0 | — | 0,5 | — |
| 1894 | 1,2 | — | 2,3 | — | 1,5 | — | 0,3 | — | 0,0 | — | —0,4 | — | 0,0 | — | —0,2 | — |
| 1895 | —0,9 | — | 2,7 | — | 5,2 | — | 0,9 | — | 3,2 | — | 3,7 | — | 8,8 | — | 1,5 | — |
| **Mittel 1886-95** | **0,9** | **0,5** | **2,2** | — | **2,4** | — | **1,3** | **1,0** | **3,6** | **4,0** | **2,8** | **3,3** | **5,3** | — | **2,7** | **3,6** |

**der thüringischen, braunschweigischen und elsaß-lothringischen Stationen über im Freien und im Walde.**

| Lintzel | Hadersleben | | Schoo | | Lahnhof | | Hollerath | | Hagenau | | Neumath | | Melkerei | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei 1,5 m | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone | bei 1,5 m | Baumkrone |
| **Wald und Freiem, d. h. am heißesten Julitage war die Waldluft kälter Freiem um C°.** | | | | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | 5,5 | 5,0 | 4,2 | — | 3,8 | 1,8 | 2,2 | 3,2 |
| — | — | — | — | — | — | — | 1,5 | 1,5 | 3,8 | 1,3 | 3,5 | 2,7 | 2,4 | 2,2 |
| — | 6,2 | 4,6 | 2,0 | 0,5 | 3,6 | 2,8 | 3,7 | 3,5 | 6,1 | 2,6 | 5,0 | 3,9 | 1,6 | 2,3 |
| — | 3,3 | 2,6 | 1,2 | 0,3 | 4,2 | 3,4 | 3,6 | 2,2 | 6,2 | 1,8 | 5,8 | 3,8 | 6,3 | 6,2 |
| — | 3,5 | 0,5 | 2,2 | 1,0 | 4,5 | 3,9 | 4,4 | 3,7 | 6,0 | 0,4 | 5,2 | 3,1 | 4,8 | 4,7 |
| — | 5,1 | 1,4 | 1,6 | 1,0 | 3,6 | 2,9 | 4,4 | 3,7 | 6,4 | 1,9 | 7,8 | 6,1 | 3,0 | 2,2 |
| — | 3,5 | 1,4 | 1,6 | 1,1 | 2,6 | 2,2 | 2,9 | 1,7 | 5,9 | 1,7 | 8,8 | 1,7 | 5,8 | 5,7 |
| +0,9 | 4,1 | 2,8 | 2,6 | 1,0 | 1,9 | 1,3 | 3,3 | 3,1 | 6,8 | 0,1 | 5,5 | 3,5 | 4,3 | 4,2 |
| +0,3 | 3,1 | 1,0 | 0,8 | 0,2 | 3,7 | 3,0 | 5,4 | 4,9 | 6,0 | 3,1 | 4,9 | 3,2 | 5,8 | 5,7 |
| 1,2 | 5,1 | 2,8 | 0,7 | 0,0 | 4,0 | 3,0 | 3,2 | 3,3 | 5,4 | 1,3 | 2,7 | 1,2 | 5,2 | 4,7 |
| 1,8 | 4,6 | 3,2 | 0,3 | +1,0 | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 3,5 | 5,9 | 3,4 | 4,1 | 2,6 | 5,0 | 5,1 |
| 0,5 | 4,3 | 2,3 | 1,6 | 0,5 | 3,6 | 3,0 | 3,8 | 3,3 | 5,7 | 1,8 | 4,7 | 3,1 | 4,2 | 4,2 |
| +0,4 | 2,4 | 1,8 | 1,2 | +0,1 | 3,8 | 2,8 | 5,8 | 4,9 | 2,1 | 5,3 | 3,1 | 2,0 | 5,1 | 4,8 |
| 0,3 | 3,6 | 1,9 | 1,7 | 0,6 | 4,8 | 3,4 | 5,7 | 5,3 | 6,7 | 3,1 | 2,4 | 1,6 | 5,1 | 4,8 |
| 0,6 | 2,7 | 0,3 | 2,8 | 1,6 | 4,2 | 3,0 | 3,4 | 3,3 | 5,5 | 1,4 | 3,4 | 2,1 | 5,1 | 4,6 |
| 0,1 | 2,9 | 1,7 | 1,0 | 0,2 | 3,4 | 2,8 | 4,1 | 3,4 | 6,0 | 2,0 | 2,1 | 1,6 | 5,1 | 4,6 |
| 0,9 | 3,6 | 2,1 | 0,9 | 0,3 | 3,6 | 2,2 | 4,9 | 4,4 | 6,6 | 0,4 | 3,8 | 2,8 | 6,2 | 5,2 |
| 1,5 | 4,9 | 2,7 | 1,6 | 1,0 | 4,6 | 3,1 | 2,3 | 2,6 | 5,6 | 3,0 | 2,4 | 1,4 | 2,6 | 3,1 |
| 1,7 | 4,1 | 3,0 | 1,0 | +0,4 | 4,9 | 3,9 | 6,6 | 5,9 | 5,7 | 1,3 | 3,3 | 2,6 | 5,0 | 4,0 |
| 1,7 | 4,5 | — | 1,2 | — | 2,7 | — | 6,1 | — | 5,5 | — | 2,6 | — | 4,5 | — |
| 1,5 | 4,2 | — | 1,0 | — | 4,1 | — | 6,6 | — | 8,0 | — | 5,0 | — | 4,4 | — |
| 1,0 | 3,2 | — | 2,0 | — | 4,7 | — | 4,0 | — | 8,4 | — | 3,7 | — | 3,4 | — |
| 0,9 | 3,6 | 1,9 | 1,4 | 0,5 | 4,2 | 3,0 | 5,0 | 4,3 | 6,0 | 2,4 | 3,2 | 2,0 | 4,7 | 4,4 |
| **zwischen Wald und Freiem, d. h. am kältesten Januartage war wärmer um C°.** | | | | | | | | | | | | | | |
| — | 2,0 | 4,0 | — | — | — | — | 3,5 | 2,5 | 0,8 | — | 0,8 | 1,0 | 2,2 | 2,7 |
| — | 0,1 | 1,4 | 0,4 | —0,3 | — | — | 3,0 | 2,6 | 0,9 | 0,3 | 0,0 | —0,2 | 3,1 | 5,1 |
| — | —0,5 | 2,2 | 1,1 | 0,2 | 2,0 | 1,5 | 5,0 | 4,6 | 1,2 | 2,6 | —1,8 | —1,3 | 3,0 | 4,9 |
| — | —1,3 | —0,6 | 1,1 | 0,4 | 2,9 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 0,1 | 0,0 | —1,6 | 0,7 |
| — | 0,3 | 0,4 | 2,3 | 1,6 | 4,2 | 3,8 | 1,7 | 1,5 | 2,1 | 0,8 | —0,7 | 0,0 | —2,1 | 0,4 |
| — | 1,9 | 2,5 | 1,7 | 2,2 | 4,8 | 3,8 | 2,7 | 2,1 | 4,4 | 5,4 | 0,2 | 1,2 | 0,1 | .0,8 |
| 0,2 | 0,7 | 1,9 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 0,1 | 2,0 | 0,6 | 0,7 | —0,1 | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 1,4 |
| 0,2 | 0,1 | 1,1 | 0,2 | 0,1 | 2,0 | 0,9 | 1,7 | 0,9 | 0,6 | —1,5 | —0,1 | 0,1 | 0,8 | 0,6 |
| 0,0 | —0,1 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | —0,4 | —0,2 | 0,1 | —0,2 | 3,2 | 1,5 | 0,2 | —0,4 | 1,5 | 1,5 |
| 0,1 | 0,5 | 2,7 | 0,6 | 0,2 | —1,6 | —1,3 | 1,9 | 1,3 | 0,4 | —1,7 | 0,9 | —1,2 | 1,4 | 1,1 |
| 0,1 | 0,4 | 1,6 | 1,1 | 0,7 | 1,8 | 1,4 | 2,4 | 1,9 | 1,7 | 1,1 | 0,0 | 0,3 | 1,0 | 1,9 |
| 0,6 | 0,0 | 1,1 | 1,6 | 0,8 | 1,7 | 2,0 | 1,3 | 2,5 | 2,3 | 0,8 | 1,8 | 1,4 | 1,9 | 1,8 |
| 1,2 | 0,2 | 1,4 | 0,4 | —0,2 | 0,9 | —0,2 | 0,6 | —0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,3 |
| 0,5 | 0,4 | 3,4 | 1,2 | 0,4 | 2,5 | 1,3 | 3,4 | 3,0 | 0,5 | 1,3 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,0 |
| 0,8 | —0,3 | 0,8 | 1,3 | 0,4 | 0,9 | 0,4 | 1,4 | 1,7 | 0,6 | 0,2 | —0,4 | —0,5 | 0,0 | —0,4 |
| 1,4 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | —0,2 | 0,7 | 0,1 | 0,0 | —0,2 | 0,9 | 0,1 | —0,5 | —0,5 | 0,7 | 0,6 |
| —0,8 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,2 | 1,3 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | —3,4 | 2,6 | —1,6 | —0,9 | 1,1 | —1,4 |
| —1,2 | 0,3 | 1,0 | 0,3 | —0,1 | —1,8 | —1,2 | 1,5 | 1,4 | —0,4 | —0,5 | 0,9 | 0,6 | 2,0 | 1,6 |
| 1,4 | 1,5 | — | 1,3 | — | 2,0 | — | 2,4 | — | 3,0 | — | —0,1 | — | 0,2 | — |
| —1,4 | 0,1 | — | 0,5 | — | —0,1 | — | 0,0 | — | —0,7 | — | —1,0 | — | —1,3 | — |
| —0,8 | 1,9 | — | 2,0 | — | 2,5 | — | 1,0 | — | 1,3 | — | 2,0 | — | 0,2 | — |
| 0,1 | 0,5 | 1,3 | 1,0 | 0,2 | 1,1 | 0,4 | 1,2 | 1,2 | 0,4 | 0,7 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 |

| es ist dann die | höchste Julitemperatur im Mittel 1875—85 | 1886—95 | die kälteste Januartemperatur im Mittel 1875—85 | 1886—95 |
|---|---|---|---|---|
| in den Buchenbeständen | kälter um 4,65° | um 4,37° C | wärmer um 1,18° | um 1,25° C |
| in den Fichtenbeständen | „ „ 2,56° | „ 3,38° „ | „ „ 2,38° | „ 2,68° „ |
| in den Kiefernbeständen | „ „ 2,30° | „ 2,85° „ | „ „ 1,18° | „ 1,22° „ |

als die Luft im Freien in gleicher Höhe am gleichen Tage.

Demnach übt der geschlossene Buchenwald im Hochsommer einen beträchtlich größeren Einfluß auf die Herabminderung der Extreme der Lufttemperatur aus, als der Fichten- und Kiefernwald; dagegen ist seine Einwirkung nach dem Blattabfall fast genau nur jenem des Kiefernwaldes gleich und nur halb so stark als jener des Fichtenwaldes.

Einen analogen Einfluß der wichtigsten bestandbildenden Holzarten auf die täglichen Maxima und Minima der Lufttemperatur haben die 14—15 jährigen Beobachtungen an den Doppelstationen des preußischen Beobachtungsnetzes gezeigt, worüber ausführliche Berechnungen und graphische Darstellungen von Geh. Rat Prof. Dr. Müttrich vorliegen [1]). Aus diesen möge nur der kurze Auszug hier folgen:

**Unterschiede der mittleren Maximal-Temperaturen zwischen Feld- und Waldstation. (14- und 15 jährige Mittel), d. h. in Celsius-Graden war es im Walde kälter um:**

| | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dezb. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| in Fichtenbeständen | 1,10 | 1,88 | 1,65 | 2,12 | 2,14 | 2,46 | 2,78 | 2,77 | 2,63 | 1,63 | 1,04 | 0,74 |
| „ Kiefernbeständen | 0,55 | 0,75 | 0,87 | 0,97 | 1,36 | 1,86 | 2,09 | 2,21 | 2,14 | 1,39 | 0,68 | 0,45 |
| „ Buchenbeständen | 0,59 | 0,58 | 0,43 | 0,22 | 1,45 | 3,18 | 3,46 | 3,09 | 2,60 | 1,37 | 0,55 | 0,48 |

**Unterschiede der mittleren Minimal-Temperaturen zwischen Wald- und Feldstation.**

In Celsius-Graden war es im Walde wärmer um:

| | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dezb. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| in Fichtenbeständen | 1,05 | 0,96 | 0,95 | 0,84 | 1,06 | 1,24 | 1,33 | 1,49 | 1,28 | 0,79 | 0,69 | 0,81 |
| „ Kiefernbeständen | 0,49 | 0,41 | 0,50 | 0,48 | 0,51 | 0,60 | 0,72 | 0,76 | 0,86 | 0,62 | 0,48 | 0,48 |
| „ Buchenbeständen | 0,36 | 0,26 | 0,29 | 0,35 | 0,72 | 0,94 | 0,98 | 1,12 | 1,17 | 0,75 | 0,29 | 0,30 |

§ 18. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung, namentlich für die Feuchtigkeitsverhältnisse, ist ferner die Einwirkung, welche der geschlossene Wald auf die Bodentemperatur ausübt. Da aber der Boden selbst sich in seinen verschiedenen Schichten sehr langsam unter dem Einfluß der Sonne erwärmt, so kann nur eine ständige Beobachtung der Erdwärme in verschiedenen Tiefen hierüber Aufschluß geben. Die Anführung des außerordentlich großen Zahlenmateriales des preußischen Beobachtungsnetzes verbietet sich hier durch die Rücksicht auf den Raum; es mögen daher nur die Unterschiede der Jahresmittel dieser Beobachtungen, sowie die bayerischen, württembergischen und schweizerischen Beobachtungen hier Platz finden (s. Tabelle Seite 79).

Aus diesen Beobachtungsergebnissen lassen sich folgende allgemeine Schlüsse in bezug auf die Einwirkung, welche geschlossene Holzbestände auf den Gang der Temperatur des Bodens ausüben, ableiten:

Die jährlichen Mitteltemperaturen in den verschiedenen Bodenschichten sind an einem und demselben Orte nahezu gleich mit Ausnahme der Oberfläche,

1) Nach Prof. Dr. Müttrich in Danckelmanns „Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen" Septemberheft. 1890.



## Die Temperatur des Waldbodens war um folgende Grade (Cels.) niedriger oder höher (+) als jene des Bodens im Freien.

| Stationen | Unterschiede der Bodentemperatur-Mittel im Freien und Wald | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | An der Oberfläche | in 0,15 m Tiefe | in 0,3 m Tiefe | in 0,6 m Tiefe | in 0,9 m Tiefe | in 1,2 m Tiefe |
| **A. Vieljährige Beobachtungen an den forstl. meteorolog. Stationen Preußens, Braunschweigs und Elsaß-Lothringens[1]).** | | | | | | |
| **In der mittleren Jahrestemperatur nach 9- bis 15jährigen Mittelzahlen.** | | | | | | |
| Fritzen | 1,3 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| Kurwien | 1,5 | 1,1 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |
| Carlsberg I | 1,1 | 0,8 | 1,1 | 1,7 | 1,6 | 1,6 |
| dto. II | 2,3 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,4 |
| Eberswalde | 1,5 | 1,2 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 |
| Schmiedefeld | 1,8 | 1,3 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,9 |
| Friedrichsroda | 1,3 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| Sonnenberg | 1,9 | 1,6 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| Marienthal | 1,3 | 1,3 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 0,9 |
| Lintzel | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| Hadersleben | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Schoo | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Lahnhof | 1,2 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| Hollerath | 0,7 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 |
| Hagenau | 1,8 | 0,9 | 0,6 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| Neumath | 2,1 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 |
| Melkerei | 2,4 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,5 |
| Gesamtdurchschnitt A | 1,42 | 1,42 | 0,90 | 1,05 | 1,04 | 1,07 |
| **B. Bayerische Beobachtungen, Gesamtdurchschnitt pro 1868/69.** | | | | | | |
| im Frühjahre | 2,54 | — | 2,02 | 2,00 | 1,71 | 1,48 |
| im Sommer | 3,91 | — | 4,16 | 4,36 | 4,08 | 3,96 |
| im Herbst | 1,26 | — | 1,30 | 1,58 | 1,82 | 1,98 |
| im Winter | 0,26 | — | +0,18 | +0,10 | 0,05 | 0,18 |
| im Jahresmittel | 1,99 | — | 1,82 | 1,96 | 1,90 | 1,90 |
| **C. Württembergische Beobachtungen (1883/84) zu St. Johann, Fichtenwald.** | | | | | | |
| im Frühjahre | 2,0 | — | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 1,1 |
| im Sommer | 3,1 | — | 3,3 | 3,5 | 3,6 | 3,3 |
| im Herbst | 0,8 | — | 1,1 | 1,8 | 1,8 | 2,0 |
| im Winter | 0,0 | — | +0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| im Jahresmittel | 1,5 | — | 1,4 | 1,8 | 1,7 | 1,6 |
| **D. Schweizer Beobachtungen.** | | | | | | |
| **In der mittleren Jahrestemperatur** (nach 12jährigem Durchschnitte 1869—1880). | | | | | | |
| Interlaken (50 jähr. Lärchen) | 2,34 | — | 1,41 | 0,77 | 0,69 | 0,94 |
| Bern (40 jähr. Fichten) | 2,15 | — | 2,53 | 2,77 | 3,04 | 2,84 |
| Pruntrut (50—60 jähr. Buchen) | 2,40 | — | 1,50 | 1,39 | 1,51 | 1,54 |
| **In den einzelnen Jahreszeiten** (nach 12jährigem Durchschnitte). | | | | | | |
| I. Im Frühling (März, April, Mai). | | | | | | |
| Interlaken | 2,93 | — | 1,55 | 0,41 | 0,33 | 0,40 |
| Bern | 3,23 | — | 3,58 | 3,59 | 3,53 | 2,96 |
| Pruntrut | 2,46 | — | 1,27 | 1,06 | 1,01 | 1,04 |

1) Nach dem Jahresberichte über die Beobachtungs-Ergebnisse der forstl. meteorologischen Stationen 1897.

**Die Temperatur des Waldbodens war um folgende Grade (Cels.) niedriger oder höher (+) als jene des Bodens im Freien.**

| Stationen | Unterschiede der Bodentemperatur-Mittel im Freien und Wald | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | An der Oberfläche | in 1,5 m Tiefe | in 0,3 m Tiefe | in 0,6 m Tiefe | in 0,9 m Tiefe | in 1,2 m Tiefe |
| II. Im Sommer (Juni, Juli, August). | | | | | | |
| Interlaken | 4,53 | — | 3,04 | 2,05 | 2,01 | 1,92 |
| Bern | 3,80 | — | 4,87 | 5,46 | 5,85 | 5,52 |
| Pruntrut | 5,13 | — | 3,25 | 2,96 | 3,43 | 3,99 |
| III. Im Herbst (September, Oktober, November). | | | | | | |
| Interlaken | 1,87 | — | 1,47 | 1,21 | 1,08 | 1,46 |
| Bern | 1,50 | — | 1,97 | 2,28 | 2,78 | 2,87 |
| Pruntrut | 1,88 | — | 1,39 | 1,47 | 1,71 | 1,87 |
| IV. Im Winter (Dezember und Januar, Februar des folgenden Jahres). | | | | | | |
| Interlaken | 0,00 | — | +0,44 | +0,57 | +0,63 | +0,03 |
| Bern | 0,06 | — | +0,27 | +0,23 | 0,00 | +0,01 |
| Pruntrut | 0,13 | — | 0,06 | 0,08 | +0,10 | 0,30 |

dagegen ist die mittlere Jahrestemperatur des Waldbodens in allen Bodenschichten niedriger als jene im Freien. Die größten Differenzen gegenüber dem Freien zeigen die Böden in geschlossenen Fichtenbeständen, während die Unterschiede in Buchenbeständen nur 1,5° C, im Lärchenbestande nur 0,7° C und am geringsten in den Kiefernbeständen sind.

Was das Verhalten in den einzelnen Jahreszeiten betrifft, so nimmt im Frühjahre die Bodentemperatur, sowohl im Walde wie im Freien, von oben nach unten ab, der Waldboden ist aber dann durchgehends kälter als derjenige des freien Landes; im Sommer erreicht diese Differenz ihr Maximum, am größten ist sie im geschlossenen Fichtenbestande und im Buchenwalde, etwas geringer im Kiefern- und Lärchenbestande. Nach den vieljährigen Beobachtungen des preußischen Netzes sind die höchsten Monatsmittel der sommerlichen Bodentemperatur im Walde um folgende Grade Celsius niedriger als die entsprechende Bodenwärme im Freien:

| bei einer Tiefe von | 0 m (Oberfläche) | 0,15 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| in den Buchenbeständen | 4,58 | 3,15 | 3,05 | 3,17 | 2,93 | 2,73 |
| „ „ Fichtenbeständen | 3,90 | 3,32 | 3,02 | 3,10 | 2,80 | 2,53 |
| „ „ Kiefernbeständen | 3,94 | 2,96 | 2,32 | 2,78 | 2,70 | 2,52. |

Im Sommer übt daher der Wald, wie in bezug auf die Luft, so auch einen bedeutenden Einfluß auf die Ermäßigung der Bodentemperatur aus. Insbesondere sind auch im Waldboden sowohl die jährlichen wie die täglichen Temperaturschwankungen geringer als im Boden der freien Flur[1]). Im Herbst nimmt dagegen die Wärme im Boden, sowohl im Walde wie im Freien, von der Oberfläche nach der Tiefe zu, aber die Differenzen zwischen Waldboden und Ackerland werden geringer. Im Winter findet ebenfalls eine Zunahme der Bodenwärme mit der Tiefe statt, jedoch hat der Waldboden nahezu die gleiche Temperatur, wie jener des freien Landes,

1) J. Schubert „Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre". Berlin 1904.

oder er ist um etwa einen halben Grad wärmer als letzterer. Hieraus folgt also, daß der Kronenschirm des Waldes in dieser Jahreszeit nur sehr wenig Einwirkung auf die Bodentemperatur ausübt, analog wie dies oben hinsichtlich der Luftwärme nachgewiesen wurde. Der Einfluß der Belaubung macht sich demnach besonders im Frühjahre, Sommer und Herbst bemerkbar, namentlich verhindern die immergrünen Nadelhölzer (Fichten) gegenüber den im Frühjahre noch kahlen Lärchen und Buchen eine unmittelbare Sonnenbestrahlung des Bodens, so daß bis tief in den Sommer hinein der Boden des Fichtenwaldes auffallend kalt ist. Eingehende Untersuchungen über diesen Gegenstand enthalten Ebermayer „Phys. Einwirkungen des Waldes etc.", dann J. Schubert „Der jährl. Gang der Luft- und Bodentemperatur etc." Berlin 1900, ferner M. W. Harrington „Forest and soil temperatures", Americ. Meteorol. Journ. 1890/91. Bemerkenswert sind namentlich auch die Beobachtungen über Maximal-Temperaturen an der Bodenoberfläche in den russischen Steppen, wo J. Klingen[1]) 60—66° C nachgewiesen hat; eine solche Erhitzung des Bodens muß auch bedeutende Rückwirkungen auf die Lufttemperatur zur Folge haben.

Schubert[2]) gelangt bezüglich des Waldbodens zu folgenden Sätzen: Im ganzen Sommerhalbjahr und darüber hinaus ist der Waldboden kühler als der freigelegene. Der Betrag der Abkühlung steigt in den größeren Tiefen — 60 bis 120 cm — im Monatsmittel bei Kiefern auf 2,7°, bei Fichten auf 3,0° und bei Buchen auf 3,2°. Im Mai ist die Abkühlung im Fichtenwalde am größten.

In den Wintermonaten ist der Waldboden ein wenig wärmer als der freie, doch ist diese Erwärmung merklich geringer als die sommerliche Abkühlung, so daß letztere im Jahresdurchschnitt den Ausschlag gibt.

Die Temperatur-Unterschiede zwischen Wald- und Feldboden sind erheblich größer als die zwischen Wald- und Feldluft.

Im Jahresmittel ist der Boden sowohl im Freien wie im Walde wärmer als die überlagernde Luft oder gleich warm. — Der Frost dringt im Durchschnitt der Feldstationen bis auf 47 cm Tiefe ein; Kiefernwald ermäßigt die Frosttiefe im Durchschnitt um 13 cm (34 cm Tiefe), Buchenwald um 9 cm (38 cm) und Fichtenwald um nur 2 cm (45 cm).

Zu berücksichtigen ist hierbei schließlich auch noch der Umstand, daß — wie weiter unten nachgewiesen werden wird — die Feuchtigkeits- und Grundwasser-Verhältnisse des Waldbodens andere sind als die des Flurbodens. Der feuchte bzw. nasse Boden ist aber im allgemeinen kälter als der trockene, und so übt denn der Wald auch mittelbar durch seine Feuchtigkeits- und Grundwasser-Verhältnisse einen Einfluß auf die Temperatur des Bodens aus, dessen Größe allerdings noch näher zu untersuchen ist. Einen Anfang mit Beobachtungen über diese Frage hat Prof. Bühler gemacht; die Ergebnisse des Jahres 1904 sind in einem kurzen Aufsatz „Untersuchungen über die Temperatur des trockenen und nassen Bodens" zusammengefaßt[3]).

Von allgemeiner Bedeutung werden alle diese Ergebnisse dann, wenn man sich vergegenwärtigt, daß in den meisten Gegenden Deutschlands ¼ bis ⅓ der ganzen Bodenoberfläche, im ganzen nahezu 14 Millionen ha, in dieser Weise durch ihre Temperatur-Verschiedenheiten modifizierend auf die sommerlichen Extreme der durch die Insolation hervorgebrachten Wärme einwirken. Namentlich in den Hoch- und Mittelgebirgen, wo die Felsen und das nackte Gestein bei Entwaldungen der Sonneneinwirkung ohne Schutz preisgegeben sind, oder bei wasserarmen Sandböden des Tieflandes wird daher eine um 4½—5° C höhere Mitteltemperatur des Bodens auf das örtliche Klima einen bemerkbaren Einfluß ausüben. Daß aber der

1) St. Petersburger Meteorolog. Zeitschrift 1893.
2) „Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur usw.", Berlin 1900.
3) Mitteilungen der Württemb. Forstlichen Versuchsanstalt. Heft 1., 1906, S. 35 ff.

Unterschied zwischen den höchsten Bodentemperaturen des Waldes und Feldes bis auf 6°, ja selbst 7,8° C steigen kann, haben die Beobachtungen in Württemberg bewiesen [1]). Wie sehr der Wald den aufsteigenden Luftstrom an heißen Tagen ermäßigt, davon berichten alle Luftschiffer, welche gezwungen sind, den Ballon wegen Abkühlung durch Auswerfen von Ballast zu erleichtern, sobald sie größere Waldflächen überfliegen.

In bezug auf die Gesamtwirkung aller dieser einzelnen Faktoren hat Professor Dr. Paul Schreiber in seinem Buche „Die Einwirkung des Waldes auf Klima und Witterung" den interessanten Versuch gemacht, aus den 30 jährigen Beobachtungsreihen über Lufttemperatur des sächsischen meteorologischen Netzes die Grundformeln für den Einfluß der Meereshöhe, Exposition, geographischen Länge und Breite, sowie endlich der Bewaldungsziffer kleiner Rechtecke von 10 qkm Flächengröße rechnerisch abzuleiten. Er fand, daß bei geringerer Bewaldung die tatsächlich beobachteten mittleren Lufttemperaturen etwas höher, bei starker Bewaldung niedriger sind als die berechneten Mittelwerte, wie sie nach der Grundformel für den Einfluß der Höhenlage sich ergeben. Genauer ausgedrückt war diese Abweichung vom berechneten Mittel folgende:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bei einer Bewaldung von | 10% | 20% | 35% | 55% | 75% |
| war die Abweichung | +0,08° | +0,08° | +0,02° | —0,10° | —0,20° C, |

so daß sich im großen Durchschnitte für jedes Prozent einer stärkeren Bewaldung eine Temperaturerniedrigung von 0,004° C. ergeben würde. Das ist (in ziemlicher Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der forstlichen Doppelstationen) eine niedrige Ziffer; allein es ist zu bedenken, daß es sich hier um Mittelwerte handelt, in denen das entgegengesetzte Verhalten des Waldes unter Tages gegen die Insolation und während der Nacht gegen die Ausstrahlung sich bis zu einem gewissen Grade wie Plus und Minus gegenseitig aufgehoben hat. Nicht in den Jahres-Mitteltemperaturen, sondern in der Abschwächung der Temperatur-Extreme nach beiden Richtungen hin macht sich die klimatische Einwirkung des Waldes in charakteristischer Weise geltend.

§ 19. Eine wesentliche Verstärkung erhalten die im bisherigen betrachteten Faktoren durch die Mitwirkung, welche die Temperaturverschiedenheit des Holzbestandes auf die durchstreichenden Luftschichten ausübt. Eine Luftströmung, welche die Erdoberfläche berührt, wird, durch den 20—30 Meter hohen Raum zwischen den Baumkronen und dem Boden des Waldes durchziehend, mit den Stämmen, Zweigen, Blattorganen in häufige Berührung kommen und deshalb von deren Temperatur um so mehr beeinflußt, je größer der Unterschied zwischen beiden ist. Man hat deshalb in den forstlich-meteorologischen Beobachtungsnetzen auch die Temperatur der Bäume gemessen und gefunden, daß sie während der Vegetationszeit stets kälter ist als die umgebende Luft, dagegen im Winter zuweilen etwas wärmer sein kann als letztere. Nach den von Prof. Dr. Ebermayer veröffentlichten Ergebnissen waren im Gesamtdurchschnitt des Jahres 1868/69 die Bäume um folgende Grade C kälter als die Luft:

| | im Frühjahr | im Sommer | im Herbst | im Winter | im Jahresmittel |
|---|---|---|---|---|---|
| in Brusthöhe | 1,26° | 1,75° | 0,66° | 1,27° | 1,23° |
| in der Baumkrone | 0,82° | 1,17° | 0,37° | 0,40° | 0,69°. |

Einen genaueren Einblick gibt die 12 jährige Beobachtungsreihe der schwei-

1) Dr. Th. Nördlinger „Einfluß des Waldes" S. 71.



zerischen Stationen, deren Unterschiede nachfolgend zusammengestellt sind.

**Die Baumtemperatur in Brusthöhe war um folgende Grade (C°) kälter (—) oder wärmer (+) als die Lufttemperatur in 3 m Höhe außerhalb des Waldes.**

Schweizer Beobachtungen.

| Jahr | Station Interlaken (Lärche) | Station Bern (Fichte) | Station Pruntrut (Buche) | Station Interlaken (Lärche) | Station Bern (Fichte) | Station Pruntrut (Buche) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Im Frühling (März, April, Mai). | | | Im Sommer (Juni, Juli, August). | | |
| 1869 | —1,94 | —2,40 | —1,31 | —2,97 | —3,56 | —3,23 |
| 1870 | —2,37 | —3,45 | —1,46 | —2,86 | —3,94 | —3,15 |
| 1871 | —2,25 | —3,68 | —1,60 | —3,04 | —4,39 | —3,06 |
| 1872 | —2,07 | —3,47 | —1,56 | —3,13 | —3,86 | —2,82 |
| 1873 | —1,75 | —3,21 | —1,20 | —3,64 | —4,39 | —3,70 |
| 1874 | —2,30 | —3,55 | —1,85 | —3,86 | —4,29 | —3,72 |
| 1875 | —2,98 | —3,97 | —2,33 | —3,54 | —4,06 | —3,15 |
| 1876 | —1,70 | —3,16 | —1,54 | —4,02 | —3,98 | —3,37 |
| 1877 | —1,89 | —3,29 | —1,30 | —3,67 | —4,33 | —3,29 |
| 1878 | —2,20 | —3,19 | —1,56 | —2,92 | —3,76 | —3,27 |
| 1879 | —1,71 | —3,21 | —1,17 | —2,77 | —4,04 | —2,75 |
| 1880 | —2,17 | —3,91 | —1,33 | —3,64 | —4,11 | —2,75 |
| 12 jähr. Mittel | —2,11 | —3,37 | —1,52 | —3,34 | —4,06 | —3,18 |
| | Im Herbst (September, Oktober, November). | | | Im Winter (Dezemb., Januar, Febr.). | | |
| 1869 | —1,08 | —2,27 | —1,73 | —0,05 | —0,97 | +0,75 |
| 1870 | —1,05 | —2,18 | —1,63 | —0,46 | +0,38 | +1,06 |
| 1871 | —0,82 | —1,85 | —1,07 | —0,63 | +0,02 | +1,16 |
| 1872 | —1,26 | —2,72 | —1,68 | —0,33 | —1,30 | —0,70 |
| 1873 | —0,88 | —1,68 | —1,62 | —0,44 | —0,89 | —0,86 |
| 1874 | —0,99 | —2,87 | —1,92 | —0,13 | —0,91 | —0,13 |
| 1875 | —0,72 | —2,26 | —1,60 | —0,29 | —1,12 | —0,08 |
| 1876 | —1,18 | —2,53 | —1,84 | —0,34 | —1,30 | —1,31 |
| 1877 | —0,74 | —2,55 | —1,62 | —0,46 | —1,27 | —1,23 |
| 1878 | —1,12 | —2,16 | —1,54 | —0,37 | —1,07 | —1,14 |
| 1879 | —0,63 | —1,90 | —0,87 | —0,20 | —1,69 | —0,40 |
| 1880 | —1,12 | —2,06 | —0,97 | —0,69 | —1,27 | —0,62 |
| 12 jähr. Mittel | —0,96 | —2,25 | —1,51 | —0,36 | —0,95 | —0,29 |

Auch diese Beobachtungen beweisen, daß im Sommer die größte Abweichung der Baumtemperatur von der Luftwärme stattfindet, und zwar im Mittel um 3—4° C, also erheblich mehr als nach den Beobachtungen in Bayern. Insbesondere bei der Buche und Lärche tritt der Einfluß der Belaubung im Sommer deutlich hervor, indem sich die Differenz gegenüber dem Frühling und Herbst fast verdoppelt, während die Fichte schon im Frühjahr kalt ist. Im Jahresmittel beträgt der Unterschied im Durchschnitt:

bei der Lärche (Interlaken) . . . . 1,69° C
„ „ Fichte (Bern) . . . . . . 2,66° „
„ „ Buche (Pruntrut) . . . . . 1,62° „ ,

während Prof. Dr. Ebermayer folgende Unterschiede fand:

bei der Weißtanne (Duschlberg) . . . 1,12° C
„ „ Fichte (Seeshaupt) . . . . . 0,67° „
„ „ Eiche (Rohrbrunn) . . . . 1,67° „
„ „ Buche (Rohrbrunn) . . . . 1,40° „
„ „ Buche (Johanneskreuz) . . . 1,20° „
„ „ Buche (Ebrach) . . . . . . 0,45° „
„ „ Kiefer (Altenfurth) . . . . . 2,07° „ .

In bezug auf den täglichen Gang der Baumtemperatur haben die obigen Untersuchungen gezeigt, daß im allgemeinen die Bäume des Tags kälter, bei Nacht aber nur unwesentlich kälter, häufig aber wärmer sind, als die umgebende Luft, wobei die unteren Stammteile meistens infolge des aufsteigenden Saftes sich der Temperatur des Bodens nähern, die oberen Partien aber mehr jener der Luft. Je dicker die Stämme sind, desto weiter bleibt ihre Wärme hinter den Extremen der Lufttemperatur zurück.

### 2. Einwirkung der Wälder auf den Feuchtigkeitsgrad der Luft und auf den Kreislauf des Wassers.

§ 20. Die atmosphärische Luft enthält überall und stets eine ihrer Größe nach sehr veränderliche Menge von Wasser in Gasform aufgelöst. Da Wassergas ein zusammenpreßbares Gas ist, so gilt für es das Mariotte'sche Gesetz nur so lange, als das Maximum seiner Dichtigkeit nicht erreicht ist, und es kann deshalb bei einer bestimmten Temperatur in einem bestimmten Raume nur ein gewisses Maximum Wassergas enthalten sein, welches nicht überschritten werden kann, ohne daß der Ueberschuß zu tropfbar flüssigem Wasser verdichtet wird. Die Physiker haben auf experimentellem Wege für jeden Temperaturgrad die größtmögliche Spannkraft und Dichte des Wasserdampfes bestimmt, und da Luft und Wasserdampf gegenseitig keinen Druck auf einander ausüben, so gelten diese Angaben auch für den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf. Man weiß also, daß z. B. bei einer Temperatur von 0° der in der Luft in maximo enthaltene Wasserdampf einen Druck von 4,53 mm auf die Quecksilbersäule des Barometers ausübt und daß dann in 1 cbm Luft 5,4 Gramm Wasser enthalten sind, ebenso entspricht jedem Temperaturgrade eine gewisse Maximalspannung und Dichtigkeit des Wassergehaltes, welche man als „Sättigungspunkt" bezeichnet. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasserdampf kann sie in sich aufnehmen. Da aber nicht jede Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, sondern mit zunehmender Wärme sich von diesem Punkte wieder entfernt, also scheinbar trockener wird, so unterscheidet man: 1. den absoluten Feuchtigkeitsgehalt, welcher die wirklich z. Z. vorhandene Menge Wassergases, und zwar durch ihre Spannkraft auf die Quecksilbersäule in Millimetern ausdrückt (den sog. „Dunstdruck" oder „Dampfdruck") und 2. die relative Feuchtigkeit oder das Verhältnis, in welchem der tatsächlich vorhandene zu dem nach Temperatur und Druck möglichen, maximalen Wasserdampfgehalt der Luft steht. Dieses Verhältnis wird meist in Prozenten ausgedrückt, d. h. man setzt den möglichen, maximalen Wasserdampfgehalt = 100.

In den nachfolgenden Erörterungen muß diese Unterscheidung streng festgehalten werden, da nur dann ein richtiger Einblick in die Wirkung des Waldes auf die Feuchtigkeitsverhältnisse gewonnen werden kann.

Aehnlich wie dies schon bei der Besprechung der Temperaturverhältnisse betont wurde, hängen auch die Luftfeuchtigkeit und die damit im Zusammenhange stehenden atmosphärischen Niederschläge von großen Vorgängen, die das solare Klima bedingen, in erster Linie ab. Namentlich ist es die Verteilung der Wärme und des Luftdruckes über dem atlantischen Ozean, welche die Stärke und Richtung der dunstbeladenen Luftströmungen bestimmen und so dem Innern unseres Kontinentes in mehr oder weniger regelmäßiger Periodizität stets neue atmosphärische Feuchtigkeit zuführen. Obgleich aber diese Vorgänge hauptsächlich von dem scheinbaren Stand der Sonne abhängig sind, so verlaufen sie doch durchaus nicht mit jener Regelmäßigkeit, die man bei dem mathematisch genau bekannten Gang des-

selben erwarten sollte, vielmehr lehrt uns jeder Tag, daß Unbeständigkeit und Unregelmäßigkeit den Verlauf der Witterungserscheinungen charakterisieren. Gerade in bezug auf den Gang der Luftfeuchtigkeit machen sich die klimatischen Modifikatoren der Geländegestaltung, der Verteilung von Wasser und Land sowie der Bodenbedeckung besonders bemerkbar, und es kann sich also im folgenden nur darum handeln, die modifizierte Einwirkung des mit Wald bedeckten Landes auf die Verdichtung und die Wiederverdunstung des meteorischen Wassers näher zu betrachten.

Wie im § 14 gezeigt wurde, ist die Luft im Walde während des Sommers im Tagesmittel um durchschnittlich 1—2° C kühler als im Freien, während diese Differenz der Maximaltemperatur in Buchenbeständen mehr als 4½° C ausmacht, außerdem besteht zwischen der Mitteltemperatur des Bodens und des Holzkörpers der Bäume gegenüber der mittleren Lufttemperatur eine Differenz, welche im allgemeinen mit der Höhe der Sommerwärme wächst. Hieraus folgt also, daß eine Luftströmung, welche durch einen geschlossenen und somit kühleren Wald streicht, ihrem Sättigungspunkte näher gebracht, d. h. relativ feuchter wird. War aber diese Luft bereits zuvor schon gesättigt, so scheidet sich bei dieser Abkühlung tropfbar flüssiges Wasser aus; so enthält z. B. eine gesättigte Luft von 15° C pro kg 10,9 g Wasserdampf, wenn sie aber um 4° C abgekühlt wird, nur noch 8,3 g, und es wurden 2,6 g oder 24 % des gesamten Feuchtigkeitsgehaltes kondensiert — ja schon bei einer Temperaturerniedrigung von 15° auf 14° C beträgt die Kondensation 0,7 g von 1 kg Luft oder 6 %. Die Waldbestände wirken daher während der Vegetationszeit als Kondensatoren auf die Luftfeuchtigkeit, indem sie gesättigten Luftströmungen Wasser entziehen und ihren absoluten Feuchtigkeitsgehalt (Dunstdruck) herabmindern, den relativen dagegen erhöhen, wozu noch die Vermehrung der Luftfeuchtigkeit durch die Transpiration der Blätter und Nadeln hinzutritt. Diese Erhöhung der relativen Feuchtigkeit findet überhaupt bezüglich aller vom Sättigungspunkt noch entfernten Luftströmungen im Walde statt, weshalb unserem Gefühle die Waldluft in der Regel feuchter erscheint, wie auch die Hygrometer im Walde fast stets einen höheren Prozentsatz der Sättigung anzeigen als auf freiem Felde. Im Winterhalbjahre dagegen, wo die Temperaturdifferenzen sehr geringe sind, kann auch die kondensierende Wirkung des Holzbestandes nicht groß sein und sich nur bei raschem Temperaturwechsel bemerkbar machen. Um die Einwirkung der Waldbestockung auf die Luftfeuchtigkeit zu zeigen, seien hier die Ergebnisse der Parallel-Beobachtungen von 16 forstlich-meteorologischen Stationen angeführt, wie sie aus den Veröffentlichungen Prof. Dr. Müttrichs für das 5 jährige Mittel 1886—90 berechnet worden sind: (S. die Tabelle S. 86).

Diese Ergebnisse lassen erkennen, daß hinsichtlich der relativen Feuchtigkeit die Waldluft gegenüber jener des freien Landes im Jahresmittel um mindestens 3 und höchstens 10 Prozent feuchter ist, jedoch verteilt sich dieser Unterschied sehr ungleich über die einzelnen Jahreszeiten. Im Sommer ist er größer als im Winter, weil der Temperaturunterschied zwischen Wald- und Flurluft im Sommer erheblicher ist als im Winter. In den Fichtenbeständen ist schon in den Frühjahrsmonaten (März bis Mai) die Waldluft um durchschnittlich 3—9 % feuchter, während in den Buchenbeständen erst nach dem Laubausbruche ein wesentlicher Unterschied eintritt, der aber dann 8—13 % betragen kann und der sich gegen den Herbst hin wieder stark vermindert. Kiefern- und Lärchenbestände lassen keine so großen Unterschiede in der Luftfeuchtigkeit aufkommen und auch im Kronenraume der Bestände ist dieser Unterschied geringer, als in Brusthöhe. Erheblich größer als bei den Tages-

**Die Waldluft in 1,5 m Höhe zeigte im 5jährigen Mittel eine größere (+) oder kleinere (—) Feuchtigkeit als die Luft im Freien.**

| Stationen und Bestandesart | Relative Feuchtigkeits-Differenz (Prozente): im Frühjahr | im Sommer | im Herbst | im Winter | im Jahresmittel | Dunstdrucks-Differenz (Millimeter): im Frühjahr | im Sommer | im Herbst | im Winter | im Jahresmittel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. In den Buchenbeständen | | | | | | | | | | |
| Friedrichsroda | —2,5 | +7,0 | +2,0 | —0,5 | +1,0 | —0,40 | —0,35 | —0,15 | 0,00 | —0,20 |
| Marienthal | +2,0 | +9,0 | +6,0 | +0,5 | +4,5 | +0,05 | 0,00 | +0,20 | 0,00 | +0,10 |
| Hadersleben | +0,2 | +7,0 | +3,8 | +1,1 | +3,0 | 0,00 | +0,03 | +0,07 | +0,05 | +0,05 |
| Lahnhof | +1,3 | +7,5 | +5,0 | +0,5 | +3,0 | —0,08 | —0,15 | +0,06 | +0,05 | —0,05 |
| Neumath | 0,0 | +7,0 | +3,8 | +0,4 | +3,0 | 0,00 | +0,21 | +0,03 | 0,00 | +0,10 |
| Melkerei | +5,2 | +10,0 | +7,0 | +6,0 | +6,5 | +0,05 | —0,16 | +0,05 | +0,02 | 0,00 |
| Mittel für Buchen | +1,0 | +7,9 | +4,6 | +1,9 | +3,50 | —0,06 | —0,07 | +0,04 | +0,02 | 0,00 |
| II. In den Fichtenbeständen | | | | | | | | | | |
| Fritzen | +3,2 | +7,5 | +4,5 | +0,4 | +4,0 | —0,19 | —0,28 | —0,05 | —0,04 | —0,05 |
| Carlsberg | +2,0 | +4,0 | +7,5 | +0,7 | +2,5 | —0,02 | —0,20 | +0,02 | 0,00 | —0,15 |
| Schmiedefeld | +4,0 | +5,5 | +3,5 | +1,0 | +4,0 | —0,42 | —0,09 | +0,32 | 0,00 | —0,05 |
| Sonnenberg | +6,5 | +6,5 | +6,0 | +4,5 | +6,0 | 0,00 | —0,05 | +0,05 | +0,05 | 0,00 |
| Hollerath | +1,5 | +3,5 | +2,4 | +0,4 | +2,0 | —0,30 | —0,68 | —0,12 | 0,00 | —0,30 |
| Mittel für Fichten | +3,4 | +5,4 | +4,8 | +1,4 | +3,70 | —0,18 | —0,26 | +0,04 | 0,00 | —0,11 |
| III. In den Kiefernbeständen | | | | | | | | | | |
| Kurwien | +4,2 | +5,0 | +3,4 | +2,2 | +3,5 | +0,19 | +0,35 | —0,03 | +0,09 | +0,20 |
| Eberswalde | +5,0 | +8,0 | +6,0 | +3,5 | +6,0 | +0,17 | +0,37 | +0,25 | +0,04 | +0,20 |
| Schoo | +3,0 | +6,0 | +5,5 | +2,7 | +4,5 | +0,10 | +0,13 | +0,12 | +0,07 | +0,30 |
| Hagenau | +5,5 | +13,7 | +7,5 | +1,7 | +7,5 | —0,30 | —0,32 | —0,24 | +0,04 | —0,15 |
| Lintzel, Kulturfläche | +1,5 | +5,5 | +2,8 | +0,9 | +2,5 | +0,35 | +0,80 | +0,42 | +0,07 | +0,35 |
| Mittel für Kiefern | +3,8 | +7,6 | +5,1 | +2,2 | +4,80 | +0,10 | +0,27 | +0,10 | +0,06 | +0,18 |
| Im Vergleiche hierzu ergaben die 12 jährigen Beobachtungen[1] in der Schweiz als Differenzen | | | | | | | | | | |
| in einem Lärchenbestande | +2,83 | +7,85 | +5,45 | +0,34 | +4,12 | Da diese Beobachtungen mit Haarhygrometern angestellt wurden, so ist der Dunstdruck nicht gemessen. | | | | |
| in Fichten | +9,59 | +11,04 | +10,79 | +8,40 | +9,96 | | | | | |
| in Buchen | +2,26 | +8,53 | +4,18 | —0,70 | +3,56 | | | | | |
| Dagegen lieferten die bayerischen Beobachtungen vom Jahre 1868/69 folgende Differenzen (in Brusthöhe) | | | | | | | | | | |
| Buch. Rohrbrunn | +2,13 | +12,11 | +5,13 | +2,95 | +5,58 | +0,12 | +0,27 | +0,18 | +0,12 | +0,17 |
| Buch. Johanneskreuz | +8,49 | +13,61 | +2,21 | +1,81 | +6,53 | +0,18 | +0,19 | +0,05 | +0,09 | +0,12 |
| Buch. Ebrach | +4,24 | +7,24 | +2,21 | +4,32 | +4,50 | —0,05 | —0,30 | —0,06 | +0,07 | —0,09 |
| Ficht. Duschlberg | +7,45 | +10,71 | +9,04 | +7,95 | +8,79 | —0,06 | +0,23 | +0,27 | +0,04 | +0,12 |
| Ficht. Seeshaupt | +8,32 | +10,77 | +9,25 | +5,72 | +8,51 | +0,13 | —0,09 | +0,09 | +0,21 | +0,09 |
| Kiefer, Altenfurth | +3,61 | +1,23 | +3,47 | +4,23 | +3,14 | +0,07 | —0,37 | 0,00 | +0,12 | —0,08 |

mitteln erscheint der Unterschied zwischen der relativen Feuchtigkeit der Waldluft und jener im Freien, sobald man nur die Nachmittagsbeobachtungen (2 Uhr) in Rechnung zieht, weil diese dem Maximum näher liegen. Gerade

1) Die Schweizer Beobachtungen sind nach Jahrgängen in der I. Auflage des Buches abgedruckt.

in dieser Abschwächung der Extreme liegt aber die praktische Bedeutung der Wirkung des Waldes. Im vieljährigen Durchschnitt des preußischen Beobachtungsnetzes ergaben sich für diesen Zeitpunkt folgende Unterschiede zwischen Wald- und Freiluft:

| Unterschiede der relativen Feuchtigkeit in den | Sommermonaten, | Herbstmonaten |
|---|---|---|
| Stationen mit Buchenbestand | 9,0% | 5,6% |
| „ „ Fichtenbestand | 6,2% | 5,6% |
| „ „ Kiefernbestand | 8,8% | 7,0%. |

Demnach zeigen diese Beobachtungen übereinstimmend, daß in der Vegetationszeit der Wald eine beachtenswerte Einwirkung auf den Trockenheitsgrad der Luft erkennen läßt. Da man im allgemeinen eine Luft, welche zu weniger als 55% mit Wasserdunst gesättigt ist, als „sehr trocken" bezeichnet, eine solche von 56—70% „mäßig trocken", von 71—85% aber „mäßig feucht", von 86—100% „sehr feucht", so ist leicht einzusehen, daß eine mäßig trockene Luft bei ihrem Eintritt in den Wald in kurzem schon mäßig feucht sein wird, oder daß die sehr trockene wenigstens gemäßigt wird; die sehr feuchte hingegen kann leicht ihren Sättigungspunkt durch Vermischung mit der Waldluft überschreiten und zu Kondensationen veranlaßt werden. Was dagegen den absoluten Feuchtigkeitsgrad betrifft, so lassen die sämtlichen Beobachtungsergebnisse erkennen, daß eine konstante Zunahme des Dunstdruckes im Walde gegenüber dem Freien durchaus nicht stattfindet, sondern daß dieser fast ebenso oft kleiner ist, als im Freien; die Unterschiede betragen bei den Parallelbeobachtungen in den naheliegenden Doppelstationen immer nur Bruchteile eines Millimeters Quecksilberdruck und sind bis zu einem gewissen Grade abhängig von den Temperaturunterschieden der Luft. Es ist indessen wohl zu beachten, daß diese letzteren tatsächlich viel größer sind, als die ihnen entsprechende Verminderung des Dunstdruckes im Walde, denn einer Temperaturerniedrigung von 10° C auf 9° entspricht bei gesättigter Luft schon eine Verminderung der Spannung um 0,59 mm, während in der Tat obige Durchschnittszahlen in den Sommermonaten nur Differenz-Werte von —0,26 bis +0,27 mm erreichen und für den Sommer des Jahres 1885 sich sogar nur Differenzen von —0,05 bis +0,16 mm ergaben, obgleich die Temperatur im Tagesmittel des Sommers 1885 um 0,73° und im Maximum um 2,5—4,6° kälter war. Offenbar waren daher die Luftschichten im Freien weit vom Sättigungspunkt entfernt, und es erhöhte die Verdunstung der Blätter und Nadeln gleichzeitig den absoluten Feuchtigkeitsgrad, so daß die Spannung größer wird, als sie nach dem Verhältnisse der Temperatur (bei gesättigter Luft) sein sollte. Hiermit stehen im Einklange die Ergebnisse der Berechnungen von Jahresmitteln des Dunstdruckes im Vergleiche zu den wirklich beobachteten Größen der Spannung, wie sie Prof. Dr. P. Schreiber l. c. für Sachsen angibt. Letztere zeigen nämlich für waldreichere Gegenden einen durchschnittlich etwas höheren Dunstdruck, für waldarme einen niedrigeren, als der betreffenden Seehöhe entsprechen würde, z. B. bei einem Be-

| waldungsprozent von | 2% | 10% | 20% | 65% | 82% |
|---|---|---|---|---|---|
| eine Dunstdruck-Abweichung gegen das berechnete Normale | von —0,2 | —0,1 bis —0,2 | 0,0 | +0,3 | +0,3 mm. |

Da aber die Moleküle aller Gase das Bestreben haben, sich geradlinig von einander zu entfernen, so muß notwendigerweise eine lebhafte Diffusion der Wassergasteilchen in der Atmosphäre stattfinden, welche große graduelle örtliche Verschiedenheiten nicht zustande kommen läßt. Außerdem trägt die Luftbewegung durch Zirkulationsströmungen und Winde zur Ausgleichung der Luftschichten im

Walde und seiner Umgebung bei, wie sich ja dem bloßen Auge durch die breiten Nebelstreifen zu erkennen gibt, die bei feuchtem Wetter sich aus dem Walde verbreiten. Dieser Vorgang ist namentlich bezüglich der Taubildung von Wichtigkeit, wenn die Ausstrahlung des Bodens und der Gewächse nachts die umgebende Luft unter ihren Sättigungspunkt abkühlt; die feuchte Waldluft wird bei ihrer Verbreitung auf die benachbarten Felder dann viel ausgiebiger Tau ausscheiden als z. B. die Steppenluft oder jene über ausgedehnten Feldfluren, und es ist jedem Forstmanne bekannt, wie intensiv die Tauniederschläge auf den Schlägen und Waldwiesen sind gegenüber denjenigen des freien Landes. Im Innern der Bestände ist freilich die Taubildung durch die Verhinderung der nächtlichen Ausstrahlung unter dem Schirm der Baumkrone sehr behindert, besonders in Buchenstangenhölzern, wo Tau nur in seltenen Fällen beobachtet wird, dafür scheiden aber die angrenzenden Felder um so reichlicher Tau aus der relativ feuchteren Luft, die ihnen aus dem Walde zuströmt, ab. Diese Beobachtung konnte man in dem bekanntlich so trockenen Jahrgange 1893 an den Kleefeldern in der Nähe von Waldungen häufig machen.

§ 21. Hier schließt sich von selbst die Frage an: wie verhält sich der Wald in bezug auf die atmosphärischen Niederschläge?

Unter den Naturforschern hatte Saussure d. Ae. zuerst auf die Rolle, welche der Wald in der Beeinflussung der atmosphärischen Niederschläge spielt, aufmerksam gemacht, er schrieb namentlich den in den Schweizer Alpen vorgekommenen Entwaldungen einen großen Einfluß auf die Verminderung der Regenmengen und des Wasserstandes im Genfer See, dann im Neufchateler, Brienzer und Murten-See zu. Auch Alex. von Humboldt hat an verschiedenen Stellen seiner Werke auf den Zusammenhang zwischen der Entwaldung der tropischen Länder und der Verminderung der Gewässer hingewiesen, so z. B. auf den See von Aragua, dessen Sinken und späteres Steigen mit den Perioden der Abholzung und der Wiederbewaldung zeitlich zusammenfiel. Ferner sammelte Boussingault eine Reihe von Einzel-Beobachtungen, aus welchen er den allgemeinen Schluß zog, daß das Abtreiben großer Wälder die Regenmenge vermindere und die Verdunstung der gefallenen Niederschläge beschleunige.

Die ältesten Parallelbeobachtungen über diese Frage wurden in den Jahren 1826 und 1827 in Tübingen und Bebenhausen angestellt, wobei letztere, in waldreicher Gegend liegende Station 22 Prozent mehr Regensumme ergab als Tübingen; da indessen die Einwirkung der Höhenlage mit ihrem beträchtlichen Einflusse auf die Niederschlagsmengen nicht beseitigt war, so ließ sich diese Tatsache nicht als stichhaltiger Beweis für die Einwirkung des Waldes anführen. Ueberhaupt ist zu beachten, daß in der Literatur über diese Frage häufig eine Vermengung des Einflusses, den die Seehöhe der Gebirgslagen auf die Zunahme der Regenmengen zweifellos ausübt, mit dem so schwierig meßbaren Einflusse der Waldbestockung stattgefunden hat. So nennt Dove, der bekannte Meteorologe, den Harz den „Hauptkondensator für Norddeutschland". Auch in den übrigen deutschen Gebirgen ist es sehr schwierig, auszuscheiden, wieviel Anteil die Zunahme der absoluten Höhe, und wieviel die mit der Höhenlage steigende Bewaldungsziffer an der Mehrung der Niederschlagsmengen hat (vgl. die Verteilung der Wälder nach Höhenregionen auf S. 57/58). Wenn daher neuerdings Formeln aufgestellt worden sind, die eine Berechnung der Jahressummen der Niederschläge als eine Funktion der Seehöhen bezwecken, so ist wenigstens in Deutschland meistens schon implicite die Wirkung der Bewaldung hierin enthalten, und man kann nicht mit Sicherheit nachträglich noch einen gesonderten Einfluß der Bewaldungsziffer rechnerisch feststellen.

Richtiger erscheint es vielmehr, die Niederschlagsmenge als Funktion der Seehöhe und des Bewaldungsprozents zu betrachten und mittels einer Ausgleichsrechnung die auf je 1 m Erhebung und je 1 % Bewaldung entfallende Niederschlagsmenge zu berechnen, wie dies beispielsweise Prof. J. Schubert für die Provinz Schlesien auf Grund der Hellmann'schen Regenkarte und der Bewaldungsstatistik getan hat [1]).

Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Schubert zu folgendem Ergebnis: „Die Niederschlagsmessungen in Schlesien lassen eine deutliche Zunahme mit wachsender Seehöhe erkennen. Auch die Bewaldung scheint eine Vermehrung der Niederschläge zu bewirken. Setzt man schätzungsweise die Hälfte der beobachteten Unterschiede auf Rechnung des stärkeren Windschutzes der im Walde oder in seiner Nähe aufgestellten Regenmesser, so würde die Wirkung des Waldes etwa der einer Bodenerhebung von 40 m Höhe gleichkommen."

Den Tübinger Untersuchungen gegenüber suchte Prof. Dr. Hoffmann in Gießen aus seinen Beobachtungen den Nachweis zu liefern, daß Entwaldungen keinen Einfluß auf die Regenmenge ausüben [2]). Es folgten dann in Frankreich die Beobachtungen von Becquerel über den Einfluß der Wälder auf die Niederschläge, in Deutschland von E. Ebermayer, welcher mit selbst konstruierten sinnreichen Verdunstungsmessern (Evaporationsapparaten) den Kreis der Beobachtungen erheblich erweiterte. Außer den 12 jährigen schweizerischen Beobachtungen im Kanton Bern, dann jenen im Kanton Zürich (Adlisberg und Haidenhaus) fanden 1867—77 zu Nancy solche durch Mathieu und in der Domäne Halatte solche durch Fautrat und Sartiaux statt, während durch E. Purkyne in Böhmen ein ausgedehntes ombrometrisches Beobachtungsnetz eingerichtet wurde. Nimmt man hierzu noch die in den deutschen Staaten seit 1875 begonnenen 22-jährigen Untersuchungen über Regenfall und Verdunstung, sowie jene in Italien (Vallombrosa) und Oesterreich (Mariabrunn), so ergibt sich ein außerordentlich großes Beobachtungsmaterial, das aber nur teilweise veröffentlicht ist, und dessen Bewältigung über den Rahmen dieser Schrift hinausgeht. Es seien daher zunächst die Zusammenstellungen aufgeführt, welche aus den Veröffentlichungen der Monatssummen für Niederschläge und Verdunstung des Prof. Dr. Müttrich berechnet worden sind. (Siehe Tabelle S. 90.)

Will man diese Niederschlagshöhen der Freistationen mit jenen der allgemeinen meteorologischen Stationen vergleichen, so ist zunächst zu bedenken, daß die Hauptursache der atmosphärischen Niederschläge in der dynamischen Abkühlung aufsteigender Luftströme zu suchen ist, und daß die Meereshöhe der Beobachtungsorte einen durch eine Gleichung darstellbaren Einfluß auf die Regenmenge ausübt, weil das Emporsteigen der Luftmassen aus Gegenden mit höherem Barometerstand in die dünneren Luftschichten der hoch gelegenen Orte eine Volumvergrößerung und infolgedessen eine Bindung von Wärme (Abkühlung) mit sich bringt. Für je 100 m Erhebung beträgt die Abkühlung der Luft 1° C. Die relative Feuchtigkeit muß daher mit der Erhebung eines Luftstromes steigen und Kondensationsvorgänge werden deshalb leichter und ausgiebiger stattfinden; sobald die Abkühlung den Punkt überschritten hat, bei welchem die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, scheidet sich der überschießende Teil des Wasserdampfes als Wolke aus, und zwar je nach der Temperatur in tropfbar flüssiger oder fester Form — als Regen oder Schnee. Es kommt noch hinzu, daß in hoch gelegenen Orten die nächtliche Abkühlung durch Ausstrahlung

1) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1905, S. 375 ff.
2) Allg. Forst- u. Jagdz. 1861. S. 134.



## Jahressummen der atmosphärischen Niederschläge und der Verdunstungsgröße auf den forstl.-meteorolog. Stationen.

| Stationen | Seehöhe m | Holzart und Alter | Niederschlagsmenge in mm Höhe: im Freien | Niederschlagsmenge in mm Höhe: im Walde | Niederschlagsmenge in mm Höhe: Differenz | Prozent-Verhältnis Freies: Wald | Verdunstung pro Jahr in mm Höhe: im Freien | Verdunstung pro Jahr in mm Höhe: im Walde | Prozent-Verhältnis Freies: Wald |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A. Preußisches Netz. Mittel aus 10 Jahrgängen 1876—85.** | | | | | | | | | |
| Fritzen | 30 | 46—56jähr. Fichten | 649,7 | 447,5 | 202,2 | 69% | 261,8 | 125,0 | 47,7% |
| Kurwien | 124 | 80—140j. Kiefern | 623,8 | 495,2 | 128,6 | 79% | 277,2 | 129,5 | 46,7% |
| Carlsberg | 690 | 55—66j. Fichten | 987,6 | 935,0 | 52,6 | 95% | 268,8 | 95,9 | 35,5% |
| Eberswalde | 42 | 45—56j. Kiefern | 556,3 | 424,9 | 131,4 | 76% | 414,2 | 187,4 | 45,2% |
| Schmiedefeld | 680 | 60—80j. Fichten | 1275,2 | 962,1 | 313,1 | 75% | — | — | — |
| Friedrichsroda | 353 | 65—85 j. Buchen | 672,8 | 525,4 | 147,4 | 78% | 381,8 | 139,6 | 36,5% |
| Sonnenberg | 774 | 45—56j. Fichten | 1408,9 | 1207,0 | 201,9 | 86% | 212,5 | 113,2 | 53,2% |
| Marienthal | 143 | 60—70j. Buchen | 570,5 | 405,2 | 165,3 | 71% | 385,6 | 150,5 | 39,0% |
| Lintzel | 95 | Lüneburger Heide | 591,7 | 558,1 | 33,6 | 94% | 417,1 | 377,5 | 90,3% |
| Hadersleben | 34 | 70—80j. Buchen | 764,4 | 602,4 | 162,0 | 79% | 268,6 | 121,0 | 45,0% |
| Schoo | 3 | 20—30j. Kiefern | 721,0 | 477,7 | 343,3 | 66% | 398,5 | 134,1 | 33,6% |
| Lahnhof | 602 | 70—80j. Buchen | 1122,3 | 809,8 | 312,5 | 72% | 272,1 | 124,6 | 45,7% |
| Hollerath | 612 | 45—56j. Fichten | 972,1 | 623,7 | 348,4 | 64% | 254,6 | 133,5 | 52,0% |
| Hagenau | 145 | 55—76j. Kiefern | 802,5 | 586,2 | 216,3 | 73% | 366,4 | 151,9 | 41,3% |
| Neumath | 340 | 55—76j. Buchen | 820,2 | 667,0 | 153,2 | 81% | 491,7 | 156,1 | 31,6% |
| Melkerei | 930 | 60—90j. Buchen | 1775,1 | 1325,5 | 449,6 | 75% | 333,0 | 148,7 | 44,5% |
| **B. Bayerisches Netz. Mittel aus 10 Jahrgängen 1868—79 und 1882—91.** | | | | | | | | | |
| Altenfurt | 325 | 36—46j. Kiefern | 689,1 | 463,3 | 225,8 | 67,2% | 435,7 | 194,0 | 55,5% |
| Ebrach | 381 | 50—60j. Fichten | 678,2 | 524,2 | 154,0 | 77,2% | 511,5 | 232,9 | 54,4% |
| Rohrbrunn | 477 | 60—70j. Buchen | 1039,7 | 893,6 | 146,1 | 85,6% | 561,5 | 227,9 | 59,4% |
| Johanneskreuz | 477 | 60—70j. Buchen | 898,7 | 720,8 | 177,9 | 80,1% | 471,9 | 236,6 | 49,8% |
| Seeshaupt | 595 | 40—50j. Fichten | 1241,2 | 947,2 | 294,0 | 76,3% | 547,2 | 214,6 | 60,8% |
| Hirschhorn | 777 | 65—75j. Fichten | 1358,0 | 1005,7 | 352,3 | 73,4% | 388,6 | 162,7 | 58,1% |
| Duschlberg | 902 | 40—50j. Fichten | 1210,2 | 966,2 | 244,0 | 79,8% | 340,4 | 173,7 | 48,9% |
| Falleck | 1132 | 120—130j. Fichten | 2144,3 | 909,9 | 1234,4 | 42,4% | — | — | — |
| **C. Schweizer Netz. Mittel aus 12 Jahrgängen 1869—80.** | | | | | | | | | |
| Interlaken | 800 | 50—62j. Lärchen | 1579,1 | 1341,5 | 237,6 | 85% | Hier wurden keine Verdunstungs-Messungen angestellt. | | |
| Bern | 500 | 40—52j. Fichten | 1380,9 | 1067,6 | 313,3 | 77% | | | |
| Pruntrut | 450 | 50—72j. Buchen | 1927,3 | 1733,8 | 193,5 | 90% | | | |

beträchtlicher ist als im dunstreichen Tieflande. Aus diesen Gründen nimmt daher in der Regel die Regenhöhe mit der Meereshöhe — einerlei ob die Höhen bewaldet oder kahl sind — zu, wenn auch keine einfache Proportionalität zwischen beiden stattfindet, und obgleich bei Regenmessungen an einem und demselben Orte die höher, z. B. auf Türmen, aufgestellten Regenmesser kleinere Niederschlagsmengen zeigen als die tiefer in der Nähe des Bodens befindlichen (störender Einfluß des Windes!). Aus dem gleichen Grunde bewirkt eine den regenbringenden Winden (in Mitteleuropa Südwest- und West-Winden) sich hemmend entgegenstellende Bodenerhebung eine Verminderung der absoluten Luftfeuchtigkeit, d. h. es erfolgen Niederschläge. In hervorragendem Maße zeigt sich diese Erscheinung bei Gebirgszügen, deren Richtung ungefähr senkrecht zur Hauptwind- und Regenrichtung verläuft, wie z. B. beim Schwarzwald. Die Südwest- und Westseite der mitteleuropäischen Gebirge bezeichnet man daher als Regen- oder Luvseite, während die Nordost- und Ostseite der Gebirge und die dahinter, im sog. Wind- und Regenschatten

liegenden Gebiete sich durch wasserdampfarme Luft und geringe Niederschlagsmengen auszeichnen und deshalb die Trocken- oder Leeseite des Gebirges heißen.

Die Abnahme des Dampfdrucks mit der Erhebung über dem Meere ist recht bedeutend. Nach Julius Hann[1]) beträgt der Dampfdruck im Gebirge in einer Höhe von 1500 m nur noch 58 %, bei 2000 m 48 %, bei 3000 m 34 % und bei 4000 m nur noch 23 % des Dampfgehalts der Luft im Meeresniveau. Darüber hinaus wird die Luft äußerst wasserdampfarm. Selbst nicht sehr hohe Gebirge bilden daher „sehr einflußreiche Scheidewände für die Hydrometeore“. Ein Gebirgszug von 2 km Kammhöhe läßt hiernach kaum mehr die Hälfte des Wasserdampfgehaltes der Luft passieren, die andere Hälfte muß beim Aufsteigen des Luftstromes verdichtet werden — einerlei ob das Gebirge bewaldet ist oder nicht.

Ordnet man daher die Niederschlagsmengen der Freistationen nach Meereshöhen, so findet man die Zunahme der Regenhöhe mit dem Wachsen der Seehöhe deutlich ausgedrückt.

So fand Dr. Paul Schreiber (l. c.) für das Königreich Sachsen im Zeitraum 1864—90 eine Regenzunahme von 50 mm für 100 m Erhebung[2]), während Prof. J. Schubert auf Grund der Hellmannschen Regenkarten und der allgemeinen Bewaldungsstatistik für Schlesien im Zeitraum 1888—97 eine solche von 57—60 mm und für die beiden Provinzen Westpreußen und Posen einen durchschnittlichen Zuwachs von mehr als 65 mm berechnete.

Um einen Vergleich mit den bisher schon bekannten Tatsachen zu ermöglichen, sind obige Ergebnisse der forstlich-meteorologischen Stationen nach Höhenregionen von 100 m Vertikalabstand zusammengefaßt und den für die gleichen Regionen berechneten Mittelwerten aus 192 Stationen, wie sie Dr. van Bebber angibt[3]), gegenübergestellt worden:

| Höhenregionen | 1—100 | 100—200 | 300—400 | 600—700 | 700—800 | 900—1000 m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel aus obigen: mm | $656,_{6}$ | $665,_{4}$ | $746,_{5}$ | $1089,_{3}$ | $1408,_{9}$ | $1775,_{1}$ mm |
| nach Dr. van Bebber | $648,_{6}$ | $582,_{5}$ | $696,_{2}$ | $915,_{3}$ | $981,_{3}$ | $963,_{6}$ „ |
| Differenz mm | + $8,_{0}$ | + $82,_{6}$ | + $50,_{3}$ | + $174,_{0}$ | + $427,_{6}$ | + $811,_{5}$ „ |

Daraus folgt, daß die Ergebnisse der forstlichen Stationen (im Freien) in der norddeutschen Ebene nur unbedeutend von dem aus großen Durchschnitten abgeleiteten Mittel für das Tiefland abweichen, nämlich 8 mm = 1,25 %; *allein schon in der mäßigen Höhe von 100—200 m macht sich die Erhöhung der Regenmenge bemerkbar (= 14,2 %), steigt dann bei 600—700 m auf* **19,0** %, *bei* 700—800 m auf **43,7** % *und* bei 900—1000 m *sogar auf* **84,2** % *der zum Vergleiche dienenden Durchschnittszahlen!*

Wenn auch diese Beobachtungsweise nur annähernde Ergebnisse liefern kann[4]), so scheint doch der Einfluß, welchen namentlich der Gebirgswald auf die Kondensation der atmosphärischen Niederschläge ausübt, hieraus mit ziemlicher Deutlichkeit hervorzugehen. Und nach dem oben Gesagten liegt denn auch die Begründung dieser Erscheinung nahe: Der Wald ist mit einer Bodenerhebung zu vergleichen; er stellt sich dem Winde hemmend entgegen, ermäßigt seine Kraft und seine Geschwindigkeit und veranlaßt gleichzeitig ein Aufsteigen des Luftstromes. Die Regenbildung wird dadurch erleichtert; der Wald wirkt also örtlich in der gleichen Weise wie jedes andere Hindernis für die Fortbewegung der Wolken und der sich aus ihnen

1) Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig, 1901, S. 223.

2) Nach der Berechnung von Lindemann ergab sich bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Seehöhe und Bewaldung eine Regenzunahme von 40 mm für 100 m Erhebung und eine solche von 0,71 mm für eine Waldvermehrung von 1% (Bewaldungsprozent) der Gesamtfläche.

3) Dr. J. van Bebber „Die Regenverhältnisse Deutschlands“. München 1877. Th. Ackermann S. 31.

4) Die miteinander verglichenen Zahlenreihen gehören nämlich verschiedenen Zeiträumen an und sind an verschiedenen Orten Deutschlands gewonnen, so daß sie nicht unmittelbar vergleichbar sind.

bildenden Niederschläge. Wäre es erwiesen, daß der Wald auf die in einer Gegend fallenden Niederschlags mengen im ganzen einen erhöhenden Einfluß ausübte, dann müßte die über den Wald streichende Luft im Walde selbst feuchter werden und im „Windschatten" des Waldes, d. h. auf seiner Leeseite, relativ feuchter ankommen, als sie in den Wald eingetreten ist, und es müßte im Walde selbst und auf seiner Gegenwindseite häufiger und stärker regnen, als auf der Windseite. Auf den forstlich-meteorologischen Radialstationen ist jedoch das Gegenteil festgestellt worden (N e y , „Der Wald und die Quellenbildung", Forstwiss. Zentralblatt, 1911, S. 440 ff.). Allerdings sind weitere, umfassendere Vergleichungen, namentlich mittelst der neugeschaffenen ombrometrischen Netze, durchaus notwendig; denn nur durch Heranziehung zahlreicher, womöglich gleichzeitiger Beobachtungen nach der statistischen Methode und nach dem Gesetze der großen Zahlen, vielleicht auch durch direkte vergleichende Messungen in waldlosen und reich bewaldeten Gegenden von sonst gleicher Lage, läßt sich diese wichtige, aber viel umstrittene Frage endgültig lösen, was jetzt nicht möglich ist. Versuche nach dieser Richtung hin sind schon auf kleineren Gebieten gemacht worden. So hat Professor Dr. L a n d o l t[1]) die Niederschlagsmengen auf den Regenstationen des Kantons Zürich und seiner Umgebung im 12 jährigen Mittel 1877—88 nach Höhenregionen ausgeschieden und auch die Einwirkung der Jahreszeiten auf die Regenmengen ermittelt. Er fand eine Zunahme der Niederschlagshöhe um ca. 250 mm auf je 100 m Seehöhe Steigung, neben der sich auch der Einfluß des Sees deutlich bemerkbar machte. Das Verhältnis zwischen Sommer- und Winterhalbjahr war im Durchschnitt 13:7, nahm aber mit der Seehöhe zu bis zu 67:33. Die Vergleichung zwischen den verschiedenen Bewaldungsziffern der nach Regenhöhen angeordneten Gebieten ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

| Regenhöhe pro Jahr | Bewaldungsziffer | Regenhöhe pro Jahr | Bewaldungsziffer |
|---|---|---|---|
| 800—900 mm | 35 % | 1200—1300 mm | 27 % |
| 900—1000 „ | 30 „ | 1300—1400 „ | 28 „ |
| 1000—1100 „ | 28 „ | 1400—1500 „ | 31 „ |
| 1100—1200 „ | 31 „ | über 1500 „ | 48 „ . |

Somit entsprach zwar dem höchsten Bewaldungsprozent auch die größte Regenhöhe im Jahre, aber die übrigen Zahlen zeigen doch keine konstante Gesetzmäßigkeit, vermutlich weil die in dem Gebiete enthaltenen Seeflächen des Züricher- und Zuger-Sees, des Greifensees und Pfäffikersees sowie die fließenden Gewässer mannigfach ihren klimatischen Einfluß äußerten, dann auch wegen der ziemlich gleichartigen Bewaldung des Kantons. Auch ließ sich für waldreiche Gegenden keine größere Anzahl von Regentagen nachweisen als für waldärmere. L a n d o l t kommt zu dem Ergebnis (S. 17): „Der vorliegende Versuch, die Abhängigkeit der Niederschlagsmengen von der Bewaldung der Gegend nachzuweisen, ist mißlungen, darf aber dennoch nicht als absolut maßgebend betrachtet werden, weil der Unterschied zwischen der Erhebung der einzelnen Zonen über dem Meer, der unzweifelhaft auf die Niederschlagsmenge den größten Einfluß übt, über die Differenz in den Bewaldungsprozenten stark vorherrscht. Maßgebend können derartige Untersuchungen nur da angestellt werden, wo unter im allgemeinen gleichartigen Verhältnissen, bei gleicher Höhenlage und gleicher Entfernung von den Vorbergen oder dem Hochgebirge ein ganz bedeutender Unterschied in den Bewaldungsverhältnissen vorliegt".

1) Schweizerische Zeitschrift f. d. Forstwesen 1890. 1. Heft. S. 12 ff.



Auf ein umfangreiches Material gestützt, unternahm Professor Dr. Paul Schreiber (l. c.) die Bearbeitung dieser meteorologisch-statistischen Frage für das Königreich Sachsen, indem er mittelst Ausgleichsrechnung die vieljährigen Beobachtungsergebnisse an den Regenmeßstationen zur Ableitung der Konstanten für die Gleichungen benützte, welche die Abhängigkeit der Regenmenge pro Jahr von der Seehöhe des Ortes darstellen. Hieraus lassen sich die einer jeden Meereshöhe entsprechenden normalen Regenhöhen berechnen, womit dann die konkreten, beobachteten verglichen wurden. Indem wir auf diese interessante Arbeit selbst verweisen, heben wir nur einige der wichtigsten Schlußfolgerungen hervor.

„Der ganze nördliche Streifen Sachsens ist im Verhältnis zu seiner Meereshöhe zu trokken, doch ist es auffallend, daß hier einige der Forststationen größere Regenhöhen aufweisen. Ebenso ist der mittlere Streifen, westlich von Dresden, relativ arm an Regen, während dagegen das schluchtenreiche Terrain der sächsischen Schweiz (östlich von Dresden) auf die Regenmenge vermehrend einwirkt, falls nicht die Gewitterzüge von Böhmen her durch das Elbetal oder durch die Lücke zwischen Erzgebirge und den Lausitzer Bergen nach diesen Gegenden gelangen. Die südlichsten Stationen zeigen ein verschiedenes Verhalten. Mit dem Ansteigen nach dem Gebirgskamme, wo die Gegend mehr den Charakter von Hochebenen hat, tritt eine Verminderung der Regenmengen ein. — Aus sämtlichen Berechnungen zieht Schreiber den Schluß, daß ein vollständig mit Wald bedecktes Terrain ungefähr ebensoviel Niederschlag erhalten würde, als etwa 200 m höher liegende kahle Flächen." Hierzu ist nur zu bemerken, daß eine senkrechte Erhebung um 200 m schon beträchtliche Aenderungen in klimatischer Beziehung zur Folge hat und in allen Gebirgen als erheblich angesehen wird.

Schließlich sei hier noch auf die sehr beachtenswerten neueren Arbeiten J. Schuberts über diesen Gegenstand hingewiesen. Während dieser Forscher in seiner oben bereits erwähnten Arbeit über „Wald und Niederschlag in Schlesien" (1905) die Vermehrung der Niederschläge durch Bewaldung noch als wahrscheinlich bezeichnet, steht er ihr schon in seinem ein Jahr später erschienenen Artikel über „Wald und Niederschlag in Westpreußen und Posen und die Beeinflussung der Regen- und Schneemessung durch den Wind" [1]) sehr skeptisch gegenüber. Er hebt hervor, daß die früheren Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf die Niederschlagsmenge es zumeist an einer scharfen Unterscheidung zwischen der in den Regenmessern gefundenen Wassermenge und der wahren, durch eine Horizontalfläche fallenden Niederschlagsmenge haben fehlen lassen. Eine rühmliche Ausnahme bilde die oben aufgeführte Arbeit von H. E. Hamberg über den Einfluß der Wälder auf das Klima von Schweden, in der zuerst versucht sei, den Einfluß des Windes auf die Angaben der Regenmesser und den damit zusammenhängenden Unterschied zwischen den direkten Ergebnissen der Regenmessung und der wirklichen Niederschlagshöhe gebührend zu berücksichtigen. Auf Grund zahlreicher Beobachtungen ist festgestellt, daß bei demselben Niederschlagsfalle verschiedene Wassermengen in die Regenmesser gelangen, je nachdem diese mehr oder weniger dem Einflusse des Windes ausgesetzt sind. Die von den Regenmessern aufgefangenen und zur Messung gelangenden Wassermengen bleiben hinter der wahren Niederschlagshöhe zurück, und zwar ist der Fehlbetrag an höheren, freien und daher windigen Orten größer, als in der Ebene sowie in waldiger, geschützter Lage; demgemäß ist der Einfluß der Meereshöhe auf die Niederschlagsvermehrung in Wirklichkeit größer, der des Waldes geringer, als es die direkten Messungen ergeben. Bei Schneefall und bei feinem (Sprüh-)Regen macht sich dieser Einfluß des Windes am meisten geltend. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes gelangt Schubert zu dem Ergebnis, daß einer Waldvermehrung von einem Zehntel der Gesamtfläche von Westpreußen und Posen eine Zunahme der jährlichen Regenmenge von weniger als 12 mm

1) Zeitschrift f. Forst- u. Jagdw. 1906, S. 728 ff.

oder 2,3 % entsprechen würde. Nach dem Durchschnitt der Berechnungen ergab sich ferner, daß eine Waldlichtung 1—2 % mehr Niederschlag haben würde als eine Außenstation, wenn beide je 1 km vom Rande des Waldgebietes entfernt seien. Diese Angabe stelle aber nur einen oberen Grenzwert des Waldeinflusses dar, weil es sich um Messungsergebnisse handle, bei denen der Windschutz noch nicht berücksichtigt sei. Nach Schuberts Ansicht besitzen Untersuchungen, welche die Bedeutung des Windschutzes außer acht lassen, für die Frage nach dem Einflusse des Waldes auf die Niederschlagsmenge nur beschränkte Beweiskraft. Der Fehlbetrag an Niederschlagsmenge infolge schlechteren Windschutzes sei bei dem leichter beweglichen Schnee größer als beim Regen, und das verschiedenartige Verhalten der Regenmesser bei Schnee und Regen könne geradezu als Maß des Windschutzes dienen. Schubert hat nun an einem Beispiel nach verschiedenen Methoden — einmal durch Teilung des Jahres in Regen- und Schneemonate und Ermittelung des Schneeanteils der Niederschläge und dann mittels direkter Messung der Windstärken — Reduktionen der Niederschlagsmengen auf eine gleiche mittlere Windgeschwindigkeit vorgenommen und dabei für die Lichtung im Walde kein Mehr an Niederschlagsmenge gegenüber der Freilandstation in gleicher Entfernung vom Waldrande gefunden, sondern vielmehr einen Minderbetrag von 1,5 bis 2 %. — In einer weiteren Arbeit „Der Niederschlag in der Letzlinger Heide“ [1]) kommt Schubert zu dem gleichen Ergebnis und in seinem auf der Naturforscherversammlung in Dresden 1907 gehaltenen Vortrage [2]) „Landsee und Wald als klimatische Faktoren“ hält er zwar an der Ansicht, daß der Wald infolge Hemmung und Aufwärtsablenkung der Luftbewegung die Wasserausscheidung begünstige, fest, allein er hebt andererseits auch hier wieder hervor, daß bei Berücksichtigung der vom Winde erzeugten Fehler der Niederschlagsmessungen nur ein Unterschied von einigen wenigen Prozenten zwischen den Niederschlagsmengen auf der Waldlichtung und im Freien bleibe — zugunsten der Waldlichtung.

Ein Grund zur Verallgemeinerung dieser Resultate liegt natürlich zunächst nicht vor, und Schubert selbst sagt: „Man wird gut tun, dem Ergebnis dieses einen Stationspaares keine zu weitgehende Bedeutung beizulegen“. Immerhin geht aus den Arbeiten Schuberts hervor, daß weitere Untersuchungen zur Erforschung der Bedeutung des Windschutzes dringend nötig sind, um die Frage nach dem Einflusse des Waldes auf die Niederschlagsmengen ihrer Lösung entgegenzuführen. Ob allerdings eine durchaus einwandfreie Lösung dieses komplizierten Problems überhaupt möglich ist, erscheint im Hinblick auf die zahlreichen Faktoren, welche die atmosphärischen Niederschläge und deren Verteilung auf der Erdoberfläche bedingen und beeinflussen, recht zweifelhaft. Jedenfalls muß in der ganzen Frage mehr und schärfer, als dies bisher geschehen ist, unterschieden werden zwischen der allgemeinen Ursache für die Bildung überhaupt und für die Häufigkeit der Niederschläge und den Faktoren, welche die örtlichen Verschiedenheiten der Niederschlagsmengen, d. h. ihre Verteilung auf der Erdoberfläche, bewirken.

Die allgemeine Ursache für die Bildung der Niederschläge und deren säkulare Schwankungen liegt in den Temperaturdifferenzen der Erdoberfläche und der sie umgebenden Atmosphäre, sowie in den damit in Zusammenhang stehenden Unterschieden im Luftdruck. Die örtliche Verteilung der Niederschlagsmengen dagegen hängt von einer Mehrzahl von Faktoren ab, von denen die Seehöhe des betr. Ortes, seine Exposition nach der Himmelsrichtung, seine Entfernung vom Meere, die Rich-

1) Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen, 1907, S. 509 ff.
2) Geogr. Zeitschrift, XIII. Jahrgang, 1908. S. 688—694.



tung der Gebirgszüge die wichtigsten sind. Höchst wahrscheinlich spielen auch noch andere Faktoren hierbei eine, wenn auch untergeordnete Rolle, so z. B. der Wald.

Wägt man nun die in vieler Hinsicht sich widersprechenden, ja mitunter diametral gegenüberstehenden Ansichten über den Einfluß des Waldes auf die Niederschläge objektiv gegeneinander ab, so wird man auf Grund der heute vorliegenden Beobachtungs- und Untersuchungsergebnisse zu der Ansicht gelangen, daß der Einfluß der Wälder auf die Bildung der Niederschläge überhaupt und damit auf ihre Häufigkeit kein nennenswerter sein kann, denn die Verdichtungsvorgänge des Wasserdampfes der Atmosphäre finden meist in beträchtlicher Höhe statt und vollziehen sich unter dem Einflusse der dort herrschenden Temperatur- und Luftdruckverhältnisse, so daß die Beschaffenheit der Erdoberfläche, insbesondere die Bekleidungsform der Erdrinde — die Vegetationsdecke —, die wir Wald nennen, und deren Höhe gegenüber der Höhe der Wolken kaum verschieden ist von der Höhe unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, einen nenneswerten Einfluß auf die Bildung der Niederschläge nicht ausüben kann. Aus dem gleichen Grunde und weil die oben genannten Faktoren die örtliche Verteilung und Ergiebigkeit der Niederschläge in beherrschender Weise beeinflussen, ist auch der Einfluß des Waldes auf die örtliche Niederschlagsmenge im allgemeinen ein nur untergeordneter. Immerhin tritt er doch mehr hervor wie sein Einfluß auf die Häufigkeit der Niederschläge, und unter gewissen Bedingungen, nämlich in Fällen, in welchen die Kondensationsvorgänge sich bis in die unteren Schichten der Atmosphäre ausgebreitet haben, wie häufig im Gebirge und bei tiefziehenden Gewittern, kann dem Walde ein merklicher Einfluß — wenn auch nicht auf die Gesamtniederschlagsmenge eines größeren Gebiets im Sinne einer Vermehrung — so doch auf die örtliche Verteilung der Niederschläge zugesprochen werden.

Nach Hamberg[1]) kann der Wald keinen Regen hervorrufen, er verstärkt aber in seinem Gebiet die Menge der Niederschläge ein wenig, die schon zu fallen angefangen haben.

In ein neues Stadium scheint übrigens die ganze Frage nach dem Einflusse des Waldes auf das Klima und insbesondere die Niederschläge eingetreten zu sein durch die Forschungen Eduard Brückner's, der den Nachweis von der Existenz auf der ganzen Erdoberfläche regelmäßig wiederkehrender, sog. säkularer Klimaschwankungen, bestehend in Schwankungen der Temperatur, des Luftdrucks, der Regenfälle und des Grundwasserstandes, erbracht hat. Der Zeitunterschied zwischen zwei regenreichen Perioden oder zwischen zwei aufeinanderfolgenden höchsten oder niedrigsten Wasserständen schwankt zwischen 30 und 40 Jahren und beträgt im Durchschnitt 35,5 bis 36 Jahre. Von diesen verschiedenen Schwankungen sind diejenigen der Temperatur als die ursprünglichen anzusehen; sie rufen Schwankungen des Luftdrucks, diese wieder solche des Regenfalles hervor, und die Schwankungen des Grundwasserstandes finden ihre Erklärung in denen des Regenfalls. Wodurch die Temperaturschwankungen hervorgerufen werden, ist noch eine offene Frage; Brückner nimmt an, daß sie in einer verschiedenen Intensität der Sonnenstrahlung zu suchen seien. Durch diesen Nachweis von Klimaschwankungen, insbesondere der Niederschlagsmengen, können nun manche Widersprüche, die bisher in der Beantwortung der Frage von dem Einflusse des Waldes auf die Größe und Häufigkeit der Niederschläge bestanden haben, aufgeklärt werden. Aus Beobachtungen, welche in verschiedenen Zeitperioden angestellt wurden und

1) A. a. O. IV. Bd., S. 115.



welche Unterschiede in den Niederschlagsmengen ergaben, kann nicht ohne weiteres der Schluß gezogen werden, daß der Unterschied die Folge einer gleichzeitig eingetretenen Veränderung in der Bewaldung sei. Es muß vielmehr auch die etwaige periodische Veränderung in der Höhe des Niederschlags festgestellt und berücksichtigt werden. Brückner weist (a. a. O.) nach, daß sich unsere periodischen Klimaschwankungen seit dem Jahre 1790 deutlich in der Statistik der Ansichten über ein Trockener- oder Feuchterwerden des Klimas widerspiegeln. „Man erkennt deutlich", — sagt er (S. 289 u. 290) — „wie in jeder Trockenperiode und besonders gegen das Ende derselben und im Anfang der folgenden feuchten Periode zahlreiche Stimmen sich für ein Trockenerwerden des Klimas erheben, die im Verlauf der feuchten Periode und am Schluß derselben wieder verstummen. Dafür treten dann Autoren auf, welche für ein Feuchterwerden des Klimas plädieren". . . . . . . „Jene Aenderungen des Klimas und der Wassermenge der Flüsse werden in der Mehrzahl der Fälle Aenderungen im Pflanzenkleid der Erde zugeschrieben. In die Trockenperiode fallen fast alle Nachweise, daß Entwaldung den Regenfall mindert, und in die feuchten, daß Bewaldung ihn mehrt. Hierher gehört auch der Nachweis Blanfords, da die Beobachtungen, aus denen er auf eine Mehrung des Regenfalls infolge von Bewaldung schließt, genau in eine Zeit fallen, in welcher der Regenfall auf den Landflächen der Erde zunahm. Allein noch mehr, entsprechend den Klimaschwankungen vollziehen sich vollkommene Wandlungen in den Ansichten über den Waldeinfluß. In den dreißiger und ebenso in den sechziger und zu Anfang der siebziger Jahre (des 19. Jahrhunderts) heißt es allgemein, daß die Entwaldung den Wasserstand der Flüsse erniedrige, in den fünfziger Jahren aber wird die Ansicht vertreten, daß gerade die Entwaldung den Wasserstand erhöhe. Am krassesten vollzog sich ein solcher Umschwung in den Ansichten auf dem Boden Australiens. So allgemein man vor 20 Jahren (also 1870 etwa, denn Brückners Werk wurde 1890 veröffentlicht!) am Schluß der letzten Trockenperiode der Entwaldung die Schuld an der zunehmenden Dürre zuschrieb, so allgemein äußerte man in den achtziger Jahren die Ansicht, das Klima Australiens sei gerade durch die Entwaldung feuchter geworden. „Schutz dem Walde!" hieß die Parole früher; „Nieder mit dem Walde!" lautet sie heute."

Dem Walde ist vielfach auch ein Einfluß auf die Hagelbildung zugeschrieben worden, so u. a. von Becquerel (Frankreich), Dove (Italien), Dr. L. Glaser (Hessen), Sarrazin (Norddeutschland) und Hans Riniker (Schweiz). Andererseits haben die Beobachtungen in den Staatswaldungen Bayerns von 1887 bis 1890, über die E. Ebermayer[1]) berichtete, sowie die Aufzeichnungen über die Hagelbeschädigungen in Württemberg von 1828 bis 1887, die von Bühler[2]) und Heck[3]) bearbeitet worden sind, und auch noch andere Beobachtungen das Ergebnis geliefert, daß ein Einfluß der Bewaldung weder auf die Bildung von Hagelwettern überhaupt noch insbesondere auf deren Häufigkeit und Stärke nachweisbar ist. In all' den Fällen, in welchen von einer Verminderung der Hagelschläge infolge der Bewaldung berichtet wird, ist es wahrscheinlicher, daß andere Ursachen, namentlich die Geländeverhältnisse (Richtung der Gebirgszüge etc.), in hervorragenderem Maße mitgewirkt haben als der Wald. Ebenso steht nicht fest, ob große Waldmassen die Entstehung von Gewittern infolge der geringeren Erwärmung des Bodens ver-

1) E. Ebermayer „Beobachtungen über Blitzschläge und Hagelfälle in Staatswaldungen Bayerns von 1887—90. Augsburg 1890.

2) Württembergische Jahrbücher für Statistik und Landeskunde. Stuttgart 1890.

3) Heck, „Die Hagelverhältnisse Württembergs in dem Zeitraum von 1828—90. Stuttgart 1892.



hindern. Ebermayer hält dies auf Grund der bayerischen Beobachtungen für wahrscheinlich.

Es soll nicht bestritten werden, daß die Wälder, namentlich unter besonderen Geländeverhältnissen und bei tiefziehenden Hagelwettern einen vorbeugenden Einfluß ausüben können, allein die allgemeine Behauptung, daß durch Entwaldung die Hagelbildung und die Hagelwetter zunähmen, muß als eine noch keineswegs hinreichend begründete bezeichnet werden. Sollte wirklich ein Einfluß des Waldes auf die Gewitter- und namentlich auf die Hagelwetter-Bildung bestehen, so ist er zweifellos unbedeutend.

§ 22. Die Parallelbeobachtungen der forstlich-meteorologischen Stationen können schon ihrer relativ geringen Anzahl wegen nicht so viel zur Lösung der Frage der Einwirkung des Waldes auf das Entstehen und die Menge der Niederschläge beitragen, als man wohl ursprünglich erhoffte, weil dieses Problem vorzugsweise nach der statistischen Methode zu lösen ist[1]). Dagegen liefern sie ein wertvolles experimentelles Material für die Erkenntnis der Rolle, die der Wald gegenüber den zustande gekommenen Niederschlägen spielt. Zunächst gestatten uns die Parallelbeobachtungen, das Verhältnis zwischen der gefallenen und der durch die Zweige und Blätter des Kronenraumes aufgefangenen Menge der atmosphärischen Niederschläge zu ermitteln.

Nach den oben mitgeteilten Jahressummen des preußischen Beobachtungsnetzes ist im zehnjährigen Mittel von den gesamten Niederschlägen an Regen und Schnee

| | zu Boden gelangt | auf den Bäumen verdunstet |
|---|---|---|
| in den Buchenbeständen durchschnittlich | 76 % | 24 % |
| „ „ Fichtenbeständen „ | 78 % | 22 % |
| „ „ Kiefernbeständen „ | 73 % | 27 % . |

Nach Prof. Dr. Ebermayers Mitteilungen der bayerischen Beobachtungsergebnisse:

| | | |
|---|---|---|
| in den Buchenbeständen durchschnittlich | 78 % | 22 % |
| „ „ Fichtenbeständen „ | 73 % | 27 % |
| „ dem Kiefernbestande „ | 66 % | 34 % |
| Mithin im Durchschnitt aller Beobachtungen: | 77 % | 23 % . |

Nach den Messungen auf den Stationen der Schweiz im Kanton Bern im 12 jährigen Mittel

| | | |
|---|---|---|
| in dem Lärchenbestande | 85 % | 15 % |
| „ „ Fichtenbestande | 77 % | 23 % |
| „ „ Buchenbestande | 90 % | 10 % . |

Bemerkenswert sind ferner die im Kanton Zürich von Professor Dr. Bühler angestellten Untersuchungen über den Einfluß des Alters der Bestände auf die Menge der zu Boden gelangten Niederschläge; nach diesem kamen in 2—3 jährigem Jahresdurchschnitte bei dichtem Kronenschlusse zu Boden:

1) Brückner ist sogar der Ansicht (a. a. O. S. 20), daß gegen alle Versuche, die vorliegende Frage mit Hilfe korrespondierender Beobachtungen im Wald- und im Freilandgebiet zu lösen, der Einwurf sich erheben lasse, daß man nie vor dem Eingreifen unkontrollierbarer Faktoren sicher sein könne, welche örtliche Unterschiede im Regenfall veranlassen, deren Auftreten nichts mit dem Waldeinfluß zu tun habe. Auf dem Wege der Vergleichung gleichzeitiger Beobachtungen an verschiedenen Stationen sei daher der Einfluß des Waldes auf den Regenfall überhaupt sehr schwer zu lösen.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| in Buchenbeständen von | 20 jähr. | 50 jähr. | 60 jähr. | 90 jähr. | Alter |
| im Jahresdurchschnitte | 98 % | 73 % | 77 % | 83 % | |
| auf den Bäumen zurückgehalten | 2 % | 27 % | 23 % | 17 %, | |

also ist in dem jugendlichen Alter nur sehr wenig, in Mittelhölzern dagegen am meisten auf den Zweigen verblieben.

Im Wienerwalde wurden 1894 und 95 von Dr. Hoppe an 4 Stationen ausgedehnte Regen-Messungen in Beständen verschiedenen Alters und verschiedener Bestockung ausgeführt, welche zeigten, daß namentlich die Stärke der Regenfälle von Einfluß auf die Menge des von den Baumkronen zurückgehaltenen Wassers ist; intensive Regen dringen besser zu Boden, während leichte Sprühregen bis zu 70 % auf den Bäumen haften und dem Boden entgehen. Im Durchschnitt hielten daselbst die 80—90 jährigen Buchenbestände 20—22 %, die Kiefern 24 %, die Fichten 41 % der Niederschläge zurück. Ein ähnliches Ergebnis haben auch die im Versuchsgarten der kgl. württemb. forstlichen Versuchsanstalt in dem Zeitraume 1904—1906 gemachten „Beobachtungen über Niederschläge im Freien und unter dem Kronendach von Buchen und Weißtannen" geliefert. Unter 100 jährigen Buchen wurden im Jahre 1905 75 % der Niederschlagsmenge im Freien gemessen, unter 20 jährigen Weißtannen sogar nur 20 %. Auch unter Fichten sind im Durchschnitt einzelner Jahre nur 32 % gemessen worden [1]).

„Die geringe Menge unter den 20jährigen Weißtannen rührt einmal daher, daß die Aeste der benachbarten Kronen ineinander greifen, der Schluß also ungewöhnlich dicht ist. Sodann sind die Aeste der Weißtannen ziemlich steil aufgerichtet, so daß die am Schaft ablaufende Wassermenge [2]), wie der Augenschein bei Regenfall zeigt, größer ist als bei anderen Holzarten; doch bedarf dieser letztere Punkt noch genauer Untersuchung."

Ueberhaupt darf den aus den bisherigen Forschungsergebnissen erhaltenen Zahlenwerten über die durch die Baumkronen zu Boden gelangten Niederschlagsmengen kein zu großer Wert beigelegt werden. Die großen Verschiedenheiten lassen sich wohl nur aus der mangelhaften Regenmesser-Aufstellung vollständig erklären, denn die Untersuchungen Riegler's und Hoppe's haben gezeigt, daß mehrere selbst unter einem und demselben Baume aufgestellten Regenmesser ganz verschiedene Regenhöhen bzw. -mengen aufweisen können. Bei schwachem Kronenschlusse ist die Wirkung des Waldes in der Nähe der Kronenperipherie am geringsten; der Boden erhält deshalb hier erheblich mehr Niederschläge als bei sehr dichter Kronenbedeckung in der Nähe des Baumschaftes. (Ebermayer, „Einfluß der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit", Stuttgart, 1900, S. 4.) Nach Hoppe's Ansicht besitzen selbst die in Oesterreich mit 40 in demselben Bestande verteilten Regenmessern gefundenen Zahlenwerte keine allgemeine Gültigkeit. Um solche zu erhalten, müßten noch weit mehr Bestände untersucht, und überdies müßten das ganze Jahr hindurch (also auch im Winter) Beobachtungen angestellt werden.

Nach den gemachten Beobachtungen empfängt also der Waldboden nur etwa drei Viertel aller Niederschläge des Jahres, fast ¼ davon bleibt an den Blattorganen und Zweigen hängen; im allgemeinen halten die immergrünen Nadelhölzer mehr Niederschläge ab als die winterkahlen Laubhölzer, dicht geschlossene Bestände mehr als gelichtete, Kiefern mehr als Fichten von gleichem Alter. Von diesem zurückgehaltenen Wasser verdunstet nur ein bestimmter Teil, der andere fließt allmählich dem Stamme entlang in den Boden. Die Menge dieses an den Baumstämmen abfließenden Wassers wurde sowohl an den bayerischen Stationen Hirsch-

1) Mitteilungen aus der Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt. Herausgegeben vom Vorstand Dr. Anton Bühler. 1. Heft. Stuttgart 1906, S. 13 ff.

2) Das am Schaft ablaufende Wasser blieb unberücksichtigt.



horn und Johanniskreuz, als auch an der österreichischen Versuchsanstalt Mariabrunn [1]) gemessen; der Betrag ist hiernach bei Nadelhölzern, die Tanne vielleicht ausgenommen, so gering, daß er in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann; er war z. B. in Hirschhorn im 10 jährigen Mittel 5 mm bei einer durchschnittlichen Niederschlagshöhe von 1348 mm im Freien, also 0,37 % der gefallenen Regenmenge; auch in Mariabrunn liefen an einem Fichstenstamme nur 1,3 % der Niederschläge entlang dem Stamme zu Boden. An Laubholzschäften, insbesondere an Buchen, ist hingegen die Menge des abfließenden Wassers eine beträchtliche, und zwar sowohl im belaubten wie im unbelaubten Zustande der Bäume. In Mariabrunn wurden festgestellt: an einer Eiche 5,7 %, an einem Ahorn 5,9 % und an einer Buche 12,8 % der Niederschläge. Nach Ney liefen an einer 58 jähr. Buche vor Laubausbruch 18,4 %, nach Laubausbruch 4,7 % des Freilandregens am Schafte ab. Hoppe fand an Buchen je nach der Regenstärke Prozentsätze von 8,4 bis 22,5 %. Nach dessen Untersuchungen ist die Menge des schaftablaufenden Wassers absolut genommen zumeist um so größer, je größer die Schirmfläche der Baumkrone ist, relativ aber meist um so größer, je kleiner die Schirmfläche der Krone ist. Aehnliche Beobachtungen wurden in Frankreich an den Stationen Cinq-Tranchées und Bellefontaine angestellt, wo gleichfalls die ablaufenden Mengen gemessen wurden [2]). Insbesondere zeigten die Untersuchungen in Oesterreich von Dr. Hoppe und in Württemberg von Dr. Bühler, daß Holzarten mit aufwärts gerichteten Aesten, wie z. B. die Tanne, mehr Wasser am Stamme ableiten als solche mit horizontal auslaufenden oder gar mit hängenden Aesten. Ebermayer schätzt den gesamten Wasserverlust des Bodens durch das Kronendach in Buchenbeständen mittleren Alters je nach der Kronenentwicklung und Regenstärke im Jahresmittel zu 18—24, durchschnittlich 20 % der im Freien fallenden Niederschläge; in älteren Beständen und bei schwächerer Kronenausbildung ist der Verlust geringer; im Buchen-Jungholz am geringsten — nur wenige Prozente. In Fichtenbeständen soll die zurückgehaltene Niederschlagsmenge zwischen 30 und 45 % schwanken, und der Wasserverlust durch die Kiefernkronen beträgt bei gutem Schluß etwa ⅓ der Jahresniederschläge.

Im großen Durchschnitt kann man hiernach die nicht auf den Boden gelangenden Niederschläge für geschlossene Nadelholzbestände zu $^1/_5$ bis ⅓, für Buchenbestände — und wohl überhaupt für Laubholzbestände — zu $^1/_5$—$^1/_7$ der Gesamtniederschlagsmenge annehmen. Jedenfalls bricht sich also schon auf diesem Wege die mechanische Gewalt der Platzregen in dem Kronenraume des Waldes, was nicht nur für die Erhaltung des Bodens gegen Auswaschung und Abschwemmung wichtig ist, sondern vor allem die Verdichtung der Bodenoberfläche verhindert. Die Lockerheit und die Krümelstruktur, zwei der wichtigsten Eigenschaften des Bodens, die beim freiliegenden Acker immer und immer wieder mittels Pflug, Egge und Grubber hergestellt werden müssen, um den Boden in seiner Ertragsfähigkeit zu erhalten, und ihm möglichst hohe Renten abzuringen, werden im Walde infolge des mechanischen Schutzes der Baumkronen gegen die Platzregen nicht zerstört. Eine Verstopfung der Hohlräume im Boden durch Einschlämmen der feinsten Bodenteilchen (Feinerde) kann im Walde bei weitem nicht in dem Maße stattfinden wie auf dem freien Felde. Die auf den Baumkronen zerstäubenden und verdunstenden Wasserteilchen aber tragen zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit bei und wirken ähn-

1) „Regenmessung unter Baumkronen" von Dr. E. Hoppe. Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs. XXI. Heft. Wien 1896.

2) Näheres hierüber siehe v. Seckendorff „Die forstl. Verhältnisse Frankreichs". Leipzig 1879.

lich, wie die künstlichen Zerstäubungsapparate, die der Gärtner in Gewächshäusern anwendet.

Diese große Flächenausbreitung, welche in der Verästelung der Zweige und der Blattspreitenentwicklung sich ausspricht und mittelst deren die Bäume in den Stand gesetzt sind, mit großen Luftmengen in innige Berührung zu kommen, äußert sicherlich aber auch ihren Einfluß auf die Luftstauung und Sammlung der zur Kondensation gelangenden Teile der Luftfeuchtigkeit. Man braucht deshalb nicht zu der Annahme zu greifen, als ob der Wald die meteorischen Vorgänge in den Höhen der Atmosphäre selbst wesentlich modifiziere, um es dennoch begreiflich zu finden, daß dieses mächtige Hemmnis für den Wind zur Erhaltung der Feuchtigkeit beitrage. In diesem Sinne sei eine vergleichende Messung der französischen Stationen Cinq-Tranchées und Amance im 7 jährigen Mittel angeführt, welche beide bei Nancy in 380 m Seehöhe auf Oolith-Plateaus liegen, von denen aber die erstere auf einer Wiese inmitten großer Wälder, die andere in fast waldloser Gegend sich befindet. Der Regenmesser der Freistation ergab im Durchschnitte eine Regenhöhe in Millimetern:

| | für Frühjahr | Sommer | Herbst | Winter | Jahresmittel |
|---|---|---|---|---|---|
| in Cinq-Tranchées | 159 | 187 | 193 | 212 | 751 mm |
| in Amance | 149 | 165 | 157 | 177 | 648 „ |
| auf der Waldwiese mehr | 10 | 22 | 36 | 35 | 103 mm. |

Offenbar liegt der Grund dieser Erhöhung der Regenmenge um fast 16 Prozente vorzüglich in der Verzögerung der Bewegung der zur Kondensation gelangenden Luftschichten, was schon daraus folgt, daß im Herbst und Winter, wo die Regenwolken sehr tief ziehen und häufig Nebel und Reifbildungen (Rauhreif) auftreten, diese Wirkung größer war als im Frühjahr und Sommer. Die Bäume des Waldes fangen also einen Teil des Wassers auf, sie bewirken ein „Aussieben". Die Folge dieses Vorganges muß allerdings sein, daß jenseits des Waldes — auf der Leeseite — ein Gebiet geringer Niederschläge im sog. „Regenschatten" liegt. Ein weiterer Grund der erheblichen Erhöhung der Niederschlagsmenge in Cinq-Tranchées wird aber wohl auch in dem Einfluß des Windschutzes auf die Angaben der beiden Regenmesser gelegen haben.

Hier ist auch der gleichfalls in Frankreich auf der 5000 ha großen Forst-Domäne Halatte von Fautrat und Sartiaux ausgeführten Regenmessungen zu gedenken, welche über dem Kronenraume eines Laubholzniederwaldes (7 m darüber) und eines Kiefernwaldes (3 m darüber) die Regenmesser beobachteten und im Durchschnitte der 4 Jahre 1874—77 folgende Regenhöhen fanden:

| | über den Gipfeln | im Freien | Differenz |
|---|---|---|---|
| bei Laubholz | 655,0 | 631,0 | 24,0 mm |
| bei Nadelholz | 667,0 | 610,2 | 56,8 „ . |

Es zeigte sich somit durchgehends eine, wenn auch nicht sehr bedeutende Vermehrung der Niederschlagsmenge über den Kronen des Waldes gegenüber dem freien Lande.

Als Ausdruck des Einflusses, welchen der auf einer Heidefläche begründete, allmählich heranwachsende Wald auf die Regenmenge ausübt, sind auch die Regenmessungen der Station Lintzel in der Lüneburger Heide angeführt worden: die Niederschlagshöhen betrugen in Prozenten des Mittels seit 1882 bis 1888 jährlich 81,8—86,3—95,2—99,8—100,6—103,7—103,9 Prozente; sie zeigen also eine konstante Zunahme, worüber Dr. Müttrich in der Zeitschrift f. F. u. J. 1892, Januarheft, ausführlich berichtete. Allein auch diese Beobachtung kann nicht als einwandfreier Nachweis für die Vermehrung der Niederschlagsmenge überhaupt infolge Aufforstung angesehen

werden. Sie beweist auch wieder nur, daß es im Walde mehr regnet als auf dem benachbarten freien Felde, namentlich auf der Leeseite des Waldes. Der Wald bewirkt eine andere Verteilung der Niederschlagsmengen innerhalb seines Gebietes und seiner nächsten Umgebung. Eine ähnliche Beobachtung aus Britisch-Indien führt Dr. Völker[1]) nach den Beobachtungen von R. H. Elliot an. Die großen staatlichen und privaten Waldanlagen bei Ootacamund haben die Zahl der Tage mit örtlichen Regenniederschlägen in den Monaten März bis Mai von dem 5 jährigen Mittel 1870—74 bis zu jenem von 1886—90 erheblich vermehrt, und zwar durchschnittlich von 24 auf 29 Tage, die Zahl der Regentage innerhalb des ganzen Jahres, ausschl. der Monsunperiode, stieg von 75 auf 83 durchschnittlich. Dr. J. Nisbet führte 1895 in der „Calcutta Review" eine Reihe weiterer analoger Tatsachen an, auf die hier nur verwiesen werden kann.

Faßt man die verschiedenen besprochenen einzelnen Punkte zusammen, so ergibt sich, daß eine Reihe von physikalischen Faktoren dahin wirken, daß der geschlossene Wald ein guter Kondensator für den Wasserdunst der atmosphärischen Luft ist. Diese Eigenschaft tritt in höheren Lagen und im Gebirge schärfer hervor als im Tieflande und in der Nähe der Seeküste, wo andere Einflüsse diese Wirkung mehr verdecken. In erster Linie steht hierbei die Fähigkeit des geschlossenen Waldes, die Bewegung der Luft abzuschwächen und aufsteigende Luftströme zu bewirken. Dagegen scheinen nach den bisherigen Beobachtungen die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Waldluft an und für sich einen weit geringeren Einfluß auf die Bildung der Niederschläge auszuüben. Nach der Ansicht vieler ist dieser Einfluß sogar kein nennenswerter. Ob daher unter allen Umständen eine unmittelbare Vermehrung der Niederschlagsmengen durch den Wald erfolgen müsse, oder ob nicht die herrschenden Windrichtungen sowie die Geländeausformung auch Ausnahmen von der Regel, daß Orte in der Nähe großer Waldungen größere Regenhöhen als ferner gelegene unter sonst gleichen Verhältnissen aufweisen, begründen können, müssen erst weitere Untersuchungen lehren, zumal der Einfluß des Windschutzes auf die Angaben der Regenmesser noch nicht genügend erforscht ist.

Als eine unmittelbare Bestätigung dieser aus den meteorologischen Beobachtungen abgeleiteten Regel durch die praktische Erfahrung möchte die Wirkung der Steppenaufforstungen in Südrußland zu betrachten sein. Nach Mitteilung des Direktors des kais. russ. Forstinstituts zu St. Petersburg von Kern sind im Gouv. Jekaterinoslaw, Kreis Mariupol, im Zeitraume von 1843—83 beiläufig 2000 ha Forstkulturen in der offenen Lage der hohen Steppe, also in ganz exponierter Lage ausgeführt worden, welche nun schon bis 70 jährige Bestände ergaben. Die Einwohner des Dorfes Blagodatnoë und der Nachbardörfer, welche an den neubegründeten Wald „Weliko Anadol" anstoßen, behaupten, daß, seitdem der Wald herangewachsen sei, sich die Sommerregen in bemerkenswerter Weise vermehrt haben; die dort früher so gefürchtete Sommerdürre schade den Weizenfeldern viel weniger als ehedem, und die Erträge seien infolgedessen durchschnittlich gestiegen. Eine weitere günstige Folge dieser Aufforstungen soll in dem Schutz bestehen, welchen diese Ortschaften gegen die winterlichen Schneestürme (Buran) durch den Wald erfahren, deren Gewalt sehr augenfällig abgeschwächt worden sei.

Seit 1890 wurden diese Aufforstungen in „Weliko Anadol" zu einem gewissen Abschlusse gebracht und darin behufs genauer wissenschaftlicher Feststellung der klimatischen Wirkungen des Waldes zwei dauernde meteorologische Beobachtungs-

1) Dr. Völker im „Report on the Improvement of Indian Agriculture". 1893. Seite 30.



stationen angelegt, wovon sich eine in der offenen Steppe, die andere in den Kulturen befindet [1]). Im Mittel der Jahrgänge 1893—97 war die jährliche Niederschlagshöhe im Freien 454,3 mm, im neubegründeten Walde 562,9 mm, also hier um 23,9 % mehr, trotzdem die Feldstation ein wenig höher liegt als jene im Walde. Außerdem wurden zeitweise mit 8 Regenstationen nach Art der Radialstationen Beobachtungen angestellt. Die Abhängigkeit der Regenhöhe von der Bewaldung tritt am schärfsten bei starken Niederschlägen (Platzregen) hervor, ist aber auch in der trockenen Zeit erkennbar, z. B. war im Sommerhalbjahr 1895 die Niederschlagsmenge in der offenen Steppe 212 mm, in der Waldstation 246,7 mm, also hier um 16,4 % größer.

Damit stimmen auch die Untersuchungen von J. Klingen (l. c.) überein, welcher 1894 und 95 in Chrinowskoi (Gouv. Woronesch) die in der Steppe gefallenen Niederschläge mit jenen eines benachbarten Waldes verglich; seine Ergebnisse waren folgende:

| | Der atmosphär. Niederschläge | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Jahressumme | | Sa. der Vegetationszeit | |
| in den Jahren | 1894 | 1895 | 1894 | 1895 |
| | mm | mm | mm | mm |
| in der Steppe | 354,2 | 359,4 | 304,9 | 193,2 |
| im Kiefernwald | 506,6 | 503,5 | 380,6 | 255,4 |
| im Eichenwald | 541,3 | 526,0 | 353,2 | 262,0 |
| Mehr in Kiefern | 152,4 | 144,1 | 75,7 | 62,2 |
| oder prozentisch um | +43% | +40% | +25% | +32% |
| „ in Eichen | 187,1 | 166,6 | 48,3 | 68,8 |
| oder prozentisch um | +53% | +46% | +16% | +36% |

Die Beobachtungsstationen lagen hier allerdings um 20—30 Kilometer von einander entfernt, was die Vergleichbarkeit beeinträchtigt. Seit 1893 sind in Rußland Versuche und Beobachtungen über das Klima der Steppen in größerem Umfange zur Ausführung gelangt. Professor Dokutschaiew wurde mit 3 Gehilfen, 1 Meteorologen und 1 Ingenieur auf 5 Jahre zur Erforschung der einschlägigen Fragen entsandt. Ueber die Ergebnisse dieser Forschungen scheinen indessen noch keine Veröffentlichungen erschienen zu sein.

Eine ähnliche Erfahrung berichtete in der Versammlung des nordwestdeutschen Forstvereins zu Uelzen im August 1885 Provinzialforstmeister Quaet-Faslem, daß nämlich die Wälder auf den Zug der Gewitter wirken und Niederschläge herbeiführen.

Schließlich sei hier noch hinsichtlich der Wirkung von Entwaldungen erwähnt, daß Walter [2]) in den ausgeglichenen Regenfallkurven von 1860—1907 der Insel Mauritius, deren Bewaldungsprozent von 1850—1880 von 33 bis auf 10 gesunken war, den Beweis findet, daß Waldrodungen einen kleinen Einfluß auf die Gesamt-Regenmenge ausüben, während der Einfluß auf die Verteilung des Regens, also auf die Zahl der Regentage, bedeutend größer ist. In den abgeholzten Bezirken hat die Zahl der Regentage fast 30 Tage im Jahre abgenommen, die jährliche Abnahme des Regenfalls betrug dagegen nur 150 bis 250 mm gegenüber Schwankungen des jährlichen Regenfalls von mitunter 1500 mm.

§ 23. Aber auch in anderer Weise greift der Wald in den Kreislauf des Wassers

1) S. den ausführlichen Bericht von G. Wyssotzky, in einer Uebersetzung von Oberforstmeister Guse, in der Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen, 1899, S. 661. — Hiernach ist mit der Begründung des Waldes von „Weliki Anadol“ schon 1830 begonnen worden.

2) Nature 1908, Oktoberheft, nach dem Referat in der Meteorol. Zeitschrift, 1908, S. 87.



ein, indem die in Form von Niederschlägen zu Boden gelangte Menge vor rascher Verdunstung bewahrt und hierdurch örtlich erhalten wird. Schon die niedrigere Temperatur und die große relative Feuchtigkeit der Waldluft bilden ein Hindernis für eine starke Verdunstung, noch mehr aber bewirkt dies der Abschluß der unmittelbaren Sonnenbestrahlung und des Windes. Man hat daher nach Prof. Ebermayer's Vorgang die direkte Bestimmung der Verdunstungsgrößen als einen wesentlichen Punkt in das Programm der forstlichen Beobachtungsstationen aufgenommen, und in der Tabelle auf S. 90 sind die aus den Veröffentlichungen Professor Dr. Müttrich's berechneten Jahressummen der Verdunstungsgröße (in mm Höhe) aufgeführt. Diese Beobachtungen zeigen, daß im geshlossenen Walde die Verdunstung sehr beträchtlich vermindert wird, indem im Durchschnitte gegenüber der = 100 gesetzten Einheit der Verdunstungsgröße im Freien

| | im Walde verdunsten | dem Boden erhalten bleiben |
|---|---|---|
| in den Buchenbeständen | 40,4 % | 59,6 % |
| „ „ Fichtenbeständen | 45,3 % | 54,7 % |
| „ „ Kiefernbeständen | 41,8 % | 58,2 % |
| „ einer Kulturfläche | 90,3 % | 9,7 %. |

Diese Herabminderung der Verdunstung des Bodenwassers durch die Streudecke und den Bestandesschluß (Kronendach) ist außer durch die mittels der 1868 und 69er Versuchsreihen an den forstl.-meteorologischen Stationen Bayerns gewonnenen Ergebnisse noch durch Prof. Dr. Wollny in den Jahren 1882 und 83 und neuerdings durch Prof. Dr. Bühler[1]) in den Jahren 1902 und 1904 nachgewiesen worden.

Aus diesem Gesichtspunkte ist es interessant, die Bilanz der Niederschlagshöhe mit der Verdunstungshöhe aus obigen Resultaten zu ziehen, welche nach Höhenregionen angeordnet folgendes Ergebnis liefert:

(Siehe Tabelle S. 104.)

Mithin ist der Ueberschuß der Niederschläge mit zunehmender Höhe des Beobachtungsortes immer größer, wenn auch nicht proportional der letzteren. Im Walde bleiben in den tieferen Lagen durchschnittlich größere Mengen übrig als im Freien, und, prozentual betrachtet, drückt der Gebirgswald die Verdunstung auf das Minimum von 9—13 % des Niederschlages herab, so daß 87—91 % dem Boden erhalten bleiben. Diese Bilanz zwischen Niederschlägen und der Verdunstung einer freien Wasserfläche entspricht selbstverständlich nicht den tatsächlichen Vorgängen im Walde, wo die Transpiration der Blattorgane an Stelle der letzteren tritt. Die vielfach größere Oberfläche der Blätter und Nadeln befähigt diese, mit einer viel größeren Luftmenge in Berührung zu treten und in letztere Wasserdunst auszuhauchen. Wie uns die Pflanzenphysiologie ausführlicher lehrt, ist aber diese Transpirationsgröße nach Pflanzenart, Alter der Gewächse, Art der Belaubung und nach den klimatischen Verhältnissen sehr verschieden. Man muß sich daher an die Stelle der obigen experimentell ermittelten Verdunstungshöhen einer freien Wasserfläche, welche nur schematisch ein Bild des Wasserverlustes liefern kann, die in großen Grenzen schwankenden Größen der Transpiration der Waldbäume denken. Diese steht mit den Wachstumsvorgängen im engen Zusammenhange als wesentliche Ursache der Saftbewegung und ist daher eine unentbehrliche Lebensbedingung der Bäume, insbesondere ihres Zuwachses, dessen Größe

1) Mitteilungen der Württemb. Forstl. Versuchsanstalt. Heft 1, 1906, S. 29 ff. „Untersuchungen über Verdunstung von Wasser aus dem Boden. 1902 und 1904." Von A. Bühler.



| Stationen | Absolute Höhe m | Der Ueberschuß der Niederschläge über die Verdunstung beträgt in Millimetern Höhe | | Von der Niederschlagsmenge verdunsteten prozentisch | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | im Freien | im Walde | im Freien | im Walde |
| Schoo . . . . . . . | 3 | 322,5 | 343,6 | 55% | 28% |
| Fritzen . . . . . . . | 30 | 387,5 | 322,5 | 40 ,, | 28 ,, |
| Hadersleben . . . . | 34 | 495,8 | 481,4 | 35 ,, | 20 ,, |
| Eberswalde . . . . | 42 | 142,1 | 237,5 | 73 ,, | 44 ,, |
| Lintzel . . . . . . | 95 | 174,6 | 180,6 | 70 ,, | 67 ,, |
| Mittel für die Region | 0—100 | 305,3 | 313,1 | 55 ,, | 37 ,, |
| Kurwien . . . . . | 124 | 346,1 | 365,7 | 44 ,, | 26 ,, |
| Marienthal . . . . . | 143 | 184,9 | 254,7 | 68 ,, | 37 ,, |
| Hagenau . . . . . | 145 | 436,1 | 434,3 | 46 ,, | 26 ,, |
| Mittel für die Region | 100—220 | 322,4 | 351,6 | 53 ,, | 30 ,, |
| Neumath . . . . . | 340 | 328,5 | 510,9 | 60 ,, | 23 ,, |
| Friedrichsroda . . . | 353 | 291,9 | 385,8 | 57 ,, | 26 ,, |
| Mittel für die Region | 300—400 | 309,9 | 448,3 | 58 ,, | 25 ,, |
| Lahnhof . . . . . | 602 | 850,2 | 685,2 | 24 ,, | 15 ,, |
| Hollerath . . . . . | 612 | 717,5 | 490,2 | 26 ,, | 21 ,, |
| Schmiedefeld . . . . | 680 | 1468,2 [1]) | 1114,3 [1]) | 13 ,, | 7 ,, |
| Karlsberg . . . . . | 690 | 718,8 | 839,1 | 27 ,, | 10 ,, |
| Mittel für die Region | 600—700 | 938,7 | 782,2 | 22 ,, | 13 ,, |
| Sonnenberg . . . . | 774 | 1196,4 | 1093,8 | 15 ,, | 9 ,, |
| Melkerei . . . . . | 930 | 1442,1 | 1176,8 | 19 ,, | 11 ,, |

zum Teil durch die verfügbare Wasermenge bestimmt wird. Es ist daher für die Lebensökonomie der Bäume wichtig, daß die zur Transpiration, zum Wachstum, d. h. zur Zellen- und Gefäßvermehrung, sowie zur Erzeugung organischer Stoffe (Assimilation) nötige Menge Wasser von den Wurzeln ununterbrochen zugeführt werden könne, ja der wirtschaftliche Erfolg — der Ertrag — wird innerhalb gewisser Grenzen von diesem wechselnden Bestandteile des Bodens bedingt. Der Forstwirt muß mit den Niederschlägen sparsam wirtschaften; er muß bestrebt sein, die Regenmengen nicht oberflächlich — zum Nachteile der Bodenkultur — abfließen zu lassen, sondern sie im Waldboden derart aufzuspeichern, daß den Bäumen auch in der trockenen Jahreszeit noch genügende Wassermengen zur Verfügung stehen; er ist insbesondere daran interessiert, daß die Verdunstung des Bodenwassers zu möglichst großen Anteilen in Form der Transpiration vor sich gehe, während jeder anderweitige Verdunstungsverlust, z. B. durch Freilage, Einwirkung des Windes auf den Boden, Mangel einer Streudecke usw., als unwirtschaftlich betrachtet werden muß. Die Transpirationsgröße übertrifft bei dicht belaubten Bäumen, besonders bei den Laubholzarten, die in obiger Tabelle angeführten Verdunstungsgrößen in der Regel um ein Mehrfaches, wie die Untersuchungen Höhnels gezeigt haben. Angenommen, ein Bestand verdunste z. B. 3 mal so viel als die freie Wasserfläche, so würde in der I. Region, 0—100 m, eine Menge von durchschnittlich $3 \times 37 = 111\,\%$ der gefallenen Regenmenge benötigt sein, also könnte diese nicht ausreichen zur Deckung der Transpiration, in der II. Region, 100—200 m, wären $3 \times 30 = 90\,\%$ der Niederschlagsmenge,

1) Nur aus einem Jahrgang 1882 berechnet.



in der III. Region, 300—400 m, 3 × 25 = 75 %
„ „ IV. „ , 600—700 m, 3 × 13 = 39 % } derselben notwendig für die Transpiration.
„ „ V. „ , 700—900 m, 3 × 10 = 30 %

Während demnach unter obiger Annahme der Waldboden der I. Region ein Defizit von 11 % haben würde, die das Gedeihen der betreffenden Holzart in Frage stellen müßte, kämen in der Region II 10 %, III 25 %, IV 61 %, V 70 % der Niederschläge des Jahres zur Erübrigung, so daß der Boden in den höheren Lagen frisch bis naß würde. Es ergibt sich aus obiger Tabelle, daß mit zunehmender Meereshöhe zwar die Niederschlagsmengen steigen, während dagegen die Verdunstung eher eine abnehmende Tendenz zeigt, welche sich notwendig auch auf die Transpiration überträgt. Man kann daher die Frage, ob der Wald die Bodenfeuchtigkeit vermehre, nicht a priori und für alle Verhältnisse beantworten, sondern es kommt auf den klimatischen Charakter der Gegend, auf die Meereshöhe, die Exposition nach der Himmelsrichtung[1]), die Bodenart und auf die Holzart sowie die Bestandesbeschaffenheit an, ob die Niederschlagsmenge oder die Wasserverbrauchsgröße des Waldes (Transpiration etc.) überwiegt. Die Bilanz der Wasserwirtschaft im Walde hängt davon ab, ob die Faktoren, welche die Feuchtigkeit des Waldbodens dem Flurboden gegenüber erhöhen, oder diejenigen, welche sie herabsetzen, die stärkeren sind. Jenachdem muß sich ein Plus oder Minus ergeben. Im Tieflande mit wärmerem Klima wirkt der geschlossene Wald meistens austrocknend auf den Boden, während nach dem Abtriebe häufig Versumpfung eintritt.

§ 24. Wenn demnach schon in den Hochlagen an und für sich dem Boden mehr meteorisches Wasser zugeführt wird, als es im Tieflande der Fall ist, so verstärkt eine Bewaldung der Gebirge diese Wirkung noch, und es ist deshalb schon von jeher der Gebirgswald als Erhalter der Feuchtigkeit und der Quellen betrachtet worden (der „Tau vom Hermon" befruchtet die Landschaft). Es ist daher von Interesse, sich die Rolle klarer zu machen, die dem Gebirgswalde bei der Erhaltung des Bodenwassers und der Speisung der Quellen zukommt. Obige Zahlenreihe zeigt ganz deutlich, wie beträchtlich die Menge des nach Abzug der Verdunstung übrig bleibenden meteorischen Wassers in den Gebirgslagen ist, und wie der Wald, obwohl etwa ¼ der Niederschläge durch Zweige und Blätter aufgefangen und dadurch der unmittelbaren Messung entgangen sind, dennoch von diesen verbleibenden Dreivierteln fast ebensoviel und teilweise mehr Wasser dem Boden zuführt, als dem freien Lande zukommt. Wenn man dagegen einwenden wollte, daß ja hiervon erst noch der ganze Transpirationsverlust abgezogen werden müsse, den man aber nicht kennt, so ist hierauf zu erwidern, daß derselbe Wald ja auch im Tieflande seinen Wasserverbrauch (Transpiration, Wachstum und Assimilation) deckt, welcher jedenfalls infolge der höheren Temperatur und der längeren Vegetationszeit noch größere Massen Wasser erfordert, daß folglich mindestens der Ueberschuß über diese hinaus dem Boden und seinem Untergrunde zufließen muß. Angenommen also, der Fichtenbestand in Fritzen oder der Buchenbestand in Hadersleben verbrauche gerade seinen Ueberschuß zur Deckung seiner Transpiration etc., so braucht der Fichtenwald in Sonnenberg höchstens ebenfalls soviel, erübrigt also 1093,8—322,5 = 771,3 mm; ebenso verblieben in dem Buchenwalde auf den Hochlagen der Vogesen (Melkerei) 1176,8—481,4 = 695,4 mm. Abgerundet bleiben also 700 mm Regenhöhe im Gebirgswalde unverwendet von der Verdunstung, Transpiration etc. übrig, d. h. pro ha 7000 cbm, welche in die Tiefen des Bodens eindringen. In der Praxis rechnen aber die Ingenieure von 1 ha Sammelgebiet einer Quelle im Mittel 1500—4400 cbm Zu-

1) S. den auf S. 59 angegebenen Artikel von Dr. R. Wallenböck.



fluß pro Jahr, d. h. 3—8 Liter pro Minute, nach starkem Regnen aber 10—20 Liter pro Minute, was 5000—10000 cbm pro Jahr und ha entspräche.

Da aber solche allgemeinen Erwägungen auf deduktivem Wege zur exakten Lösung so wichtiger Fragen nicht ausreichen, so wurden schon in den Jahren 1884—86 von Prof. Dr. Ebermayer vergleichende Wasserbestimmungen in den Fichtenwäldern des k. Forstamts Bruck bei München vorgenommen, die im Jahresmittel folgende Ergebnisse lieferten: der Boden des kahlen Feldes war in allen Schichten von der Oberfläche bis auf 0,8 m Tiefe fast gleichmäßig durchfeuchtet, in einem benachbarten Fichtenjungwuchs war dies ebenfalls annähernd der Fall, dagegen nahm in dem 60 jährigen Fichtenbestande der Feuchtigkeitsgehalt von der Oberfläche nach den tieferen Schichten der Wurzelregion ab; alle bestockten Flächen waren im Durchschnitte wasserärmer als das kahle Feld. In dem haubaren Bestande von 120 Jahren näherte sich der Feuchtigkeitsgehalt wieder mehr jenem der kahlen Fläche, vermutlich weil weniger Regen an den Zweigen hängen geblieben war. In einer Tiefe von 15—80 cm war der Waldboden durchgehends trockener, als jener der kahlen Fläche, und zwar am meisten unter dem 60 jährigen, dicht geschlossenen Bestande. Aus dem schon oben Gesagten lassen sich auch die zuerst Aufsehen erregenden Versuchsergebnisse erklären, welche einige russische Forscher, u. a. Blisnin[1]) in den trockenen und heißen Steppen des Gouvernements Cherson, Wyssotzky in den Steppengebieten des Don, Gouv. Jekaterinoslaw, (l. c.), dann Ismailsky[2]) und Professor Ototzkij[3]) im Gebiete der Schwarzerde (Tschernosem) gefunden haben. Ersterer stellte 1891 in drei Versuchsreihen fest, daß in den Laubwäldern nur die obersten Bodenschichten feuchter, die tieferen Schichten dagegen trockener sind, als die entsprechenden Schichten des umgebenden freien Landes. Ismailsky fand in 6 jährigen Beobachtungen (1887—1892), daß der Boden der Schwarzerde gleichfalls seinen größten Feuchtigkeitsgehalt im Winter in der oberen Schichte von 0—70 cm Tiefe habe, im Frühjahr in der Schichte zwischen 70 bis 140 cm und im Sommer, wo dort die meisten Niederschläge fallen, in der Tiefe von 140—210 cm. Die gesamten Wasservorräte nehmen im Jahresmittel von oben nach unten ab, ebenso wie die Schwankungen in der Menge der Bodenfeuchtigkeit. Die Untersuchungen von Prof. Ototzkij 1893—1897 bezogen sich auf den Stand des Grundwassers in der Steppe und in den angrenzenden Wäldern des südlichen Rußlands, der mittelst Bohrlöcher gemessen wurde, welche durch Nivellements verbunden waren. Diese Versuche ergaben in verschiedenartigen Fällen insofern Uebereinstimmung, als der Boden der Wälder einen geringeren Wasservorrat und tieferen Grundwasserspiegel zeigte als das benachbarte Freiland, wobei Unterschiede von etwa 10 m senkrechten Abstandes vorkamen. Die früher gehegte Hoffnung, in diesen Steppen durch Aufforstungen den Boden, auf dem „wegen physiologischer Trockenheit im Laufe der Vegetationsperioden" (Keller) die Begründung zusammenhängender Wälder meist ausgeschlossen erscheint[4]), frischer erhalten zu können, hat man fallen lassen müssen. Die neuen Waldanlagen sind keine Quelle der Feuchtigkeit geworden, sie haben vielmehr das Gegenteil bewirkt, der Boden ist trockener geworden, und der Grundwasserspiegel ist gesunken. Nichtsdestoweniger sind kleine streifenförmige Aufforstungen unter gewissen Bedingungen aus verschiedenen Gründen von Nutzen und deshalb

1) Bulletin meteorolog. 1892, Nr. 7.

2) v. Wiesner „Russische Forschungen auf dem Gebiete der Wasserfrage" in Wollnys „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik" 18. Band. 1895.

3) Otozkij „Einfluß der Wälder auf das Grundwasser". Zeitschrift für Gewässerkunde 1898, S. 214 u. 278, dann 1899, S. 160.

4) Noch mehr als aus technischen Gründen verbietet sich übrigens die Steppenaufforstung im Großen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit.



angezeigt. Auch die auf dem Gelände des Pedologischen Instituts in Nowo-Alexandria an der Weichsel (Gouv. Lublin) im Jahre 1898 angestellten vergleichenden Beobachtungen [1]) über den Feuchtigkeitsgehalt von Wald- und Wiesenboden haben die gleichen Ergebnisse geliefert. Der Waldboden war in der oberen Schicht, etwa bis zu 25 cm Tiefe, feuchter als der durchaus gleichwertige Wiesenboden. Unterhalb jener Grenze aber änderte sich das Verhältnis vollständig: Der Wassergehalt des Wiesenbodens war nun größer als der des Waldbodens, und diese Differenz wuchs mit zunehmender Tiefe. Der Grundwasserspiegel lag im Walde tiefer als unter der Wiese. Außerdem zeigte sich bei der Behandlung der Einzelergebnisse dieser Beobachtungen, daß der Einfluß der Sommerregen nicht über die Oberflächenschicht hinausging, daß nichts von diesen Niederschlägen in eine Bodentiefe gelangte, wo sie zur Speisung des Grundwassers beitragen konnten. Im übrigen ergaben die Untersuchungen Ototzkijs im nördlichen Rußland (in der Nähe von St. Petersburg, im Moränengebiet) aber nur kleine Verschiedenheiten zwischen den verglichenen Grundwasserständen im Walde und im freien Lande (kaltes und feuchtes Klima, daher Verminderung des Wasserverbrauchs der Bäume). Ototzkij untersuchte im Oktober 1902 auch die Grundwasserverhältnisse in den „Landes" der Gascogne und hat auch hier das Niveau des Grundwassers innerhalb des Waldes niedriger gefunden als außerhalb desselben. Die Differenz schwankte zwischen 60 und 100 cm [2]).

Es würde zu weit führen, alle in den letzten Jahrzehnten von Prof. Ebermayer [3]) in München, E. Hoppe [4]) im Wiener Walde, von Prof. Ramann [5]) in den Kiefernbeständen der Mark Brandenburg , von Prof. Henry-Nancy bei Lunéville [6]) und von Prof. Bühler in Tübingen [7]) u. a. angestellten Untersuchungen über den Wassergehalt des Bodens aufzuführen; erwähnt sei nur, daß sie alle den starken austrocknenden Einfluß der Baumwurzeln im Zusammenhange mit der Transpiration etc. der Blattorgane und die größere Sickerwassermenge auf einem kahlen, mit keiner Vegetationsdecke versehenen Boden gegenüber dem mit Rasen oder Pflanzen bedeckten Boden nachgewiesen haben. Nach Ebermayer (a. a. O. S. 28) sind die Wälder die größten Wasserverbraucher auf der Erdoberfläche und trocknen bei gutem Kronenschlusse unter allen Vegetationsformen das Erdreich am stärksten aus. Zugleich zeigten die Untersuchungen, daß zwischen den einzelnen Holzarten und den verschiedenen Graden des Bestandesschlusses große Verschiedenheiten in dieser Hinsicht bestehen. Dicht geschlossene Mittelhölzer von stark verdunstenden Holzarten vermögen daher in regenarmen Gegenden wegen des doppelten Verlustes durch Zurückhalten der Niederschläge in den Zweigen und durch starke Transpiration etc. einen Boden trockener zu machen, als er in unbestocktem Zustande wäre. In Uebereinstimmung hiermit stehen vieljährige Erfahrungen, nach welchen der Wald, namentlich gewisse Holzarten gleichsam eine drainierende Wirkung auf den Boden ausüben. Versumpfte Böden werden mit dem

1) N. Dimo „Zur Frage der Bodenfeuchtigkeit". Petschwowedjenie, 1904, Heft 1. Ref. in der Zeitschrift für Gewässerkunde. 1904, S. 297.

2) Ann. Science agronom. par L. Grandeau; 1907, 3. Ser. 118.

3) Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung 1889. 1. Heft. „Einfluß des Waldes und der Bestandesdichte auf die Bodenfeuchtigkeit".

4) Zentralblatt f. d. gesamte Forstwesen 1895. 3. Heft.

5) Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen 1897. 12. Heft und 1906, 1. Heft, S. 13 ff.

6) „Les forêts de plaine et les eaux souterraines. Observations faites dans la forêt de Moudon". Revue des eaux et forêts, 1903.

7) Mitteilungen der Württemb. Forstl. Versuchsanstalt. Heft 1, 1906, S. 24 ff. „Untersuchungen über den Wassergehalt des Bodens". Ferner: Zentralblatt f. d. gesamte Forstwesen, 1903, S. 484 ff.

Heranwachsen und dem Schlusse eines Waldbestandes, z. B. aus Fichte, trockener; nach dem Abtriebe des Bestandes tritt aber in der Regel der frühere Versumpfungszustand wieder ein.

Ney [1]) stellt hinsichtlich des Einflusses der verschiedenen Holzarten folgende Sätze auf:

„In ebenen Lagen ist für das Fortbestehen der Quellen

a) der Kiefernwald nützlich, weil er den Quellen ebensoviel Wasser wie absolut nackter Boden und mehr als Oedland und landwirtschaftlich benutztes Gelände liefert;

b) der Laubwald gleichgültig, weil das Ackerland ebensoviel Wasser wie dieser durchläßt;

c) der Fichtenwald nachteilig, weil er den Wassergehalt vermindert."

Mit der früher allgemeinen Ansicht, daß eine geschlossene Waldbestockung die Bodenfeuchtigkeit überall erhalte, den Grundwasserstand erhöhe und ein Wasserreservoir für die Speisung der Quellen bilde, muß also gebrochen werden. Allein man muß andererseits im Auge behalten, daß jede Vegetation, ganz besonders aber der streugeschonte Wald, den oberirdischen Vorrat an Niederschlägen zurückhält und dadurch den Abfluß des Regens und des schmelzenden Schnees verzögert. Welcher dieser widerstreitenden Faktoren im gegebenen Falle der stärkere, und welches der Erfolg der entgegengesetzt wirkenden Kräfte ist, hängt, wie schon erwähnt, von den sehr verschiedenen örtlichen Verhältnissen des Klimas, der Lage, des Bodens usw. ab. Im Gebirge, namentlich im steilen Hochgebirge, ist die den Wasserabfluß hemmende und verzögernde Kraft des Waldes und seiner Streudecke bedeutender und wirkungsvoller als sein Wasserverbrauch. Daher wird in Gebirgswaldungen, wo die Regenhöhe erheblich größer, dagegen die Temperatur niedriger ist, durch den Schutz des Bodens gegen Abschwemmung und die Verzögerung im oberflächlichen Ablaufe des Wassers, durch die Abminderung der Verdunstungs- und der Transpirations- etc. Größe die Bilanz meistens zugunsten des Waldbodens ausfallen. In der Tat sehen wir auch in allen Gebirgen die Gehänge durchflossen von zahlreichen Wasseradern, die sich gerade in den Waldungen durch Nachhaltigkeit und konstantes Fließen auszeichnen. Es sind meistens nicht eigentliche Quellen, denen die Gebirgsbäche ihren Ursprung verdanken, sondern vorwiegend kleine offene Rinnsale, die ihren Wassergehalt von versumpften, mit schwammartigen Polstern von Rohhumus, Polytrichum und Sphagnum bedeckten Filzen und Blößen im Walde erhalten und die örtlichen Benennungen als „Gräben, Seigen, Dellen, Kauten, Runsen und Wildbäche, ravins" führen [2]).

---

1) „Der Wald und die Quellen", Tübingen 1893 (S. A. aus „Aus dem Walde"). — Forstwiss. Centralblatt, 1901, S. 462.

2) Hinsichtlich des Einflusses der Waldmoose, insbesondere der Polytrichum-, Dicranum- und namentlich der Sphagnum-Arten, auf den Wasserabfluß im Gebirge sind die Ansichten heute mehr denn je geteilt. Während früher allgemein der Zurückhaltung und Verteilung des Wassers durch die Moospflanzen große Bedeutung beigelegt wurde, und die aus Sphagneen und anderen Moorpflanzen entstandenen Hochmoore allgemein als Sammelbecken für die Quellen und als ausgezeichnete Wasserversorger unserer Bäche und Flüsse in Trockenzeiten gepriesen wurden, macht sich neuerdings mehr und mehr eine andere Auffassung geltend, auf die hier kurz hingewiesen sei. Einen fast gegenteiligen Standpunkt vertritt z. B. Forstmeister Kautz zu Sieber im Harz in verschiedenen seiner beachtenswerten Arbeiten („Die Bedeutung der Hochmoore in der Kgl. Oberförsterei Sieber", Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen, 1906, S. 568 ff. „Schutzwald. Forst- und wasserwirtschaftliche Gedanken". Berlin, Jul. Springer, 1912, S. 27 ff. „Waldkultur und Wasserpflege im Harze". Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1909, S. 157 ff.). Er gibt zwar zu, daß beim Beginn der Niederschläge das Moos einen geringen Einfluß auf die Verteilung und Zurückhaltung des Wassers ausübe, aber der dichte Moosfilz



In durchlässigem Gesteine, auf Kalk- und Dolomitfels, Sandsteinfels und Geröllböden, ferner bei einfallenden Schichtrichtungen etc. versinken die gefallenen Niederschläge rasch in die Tiefen und kommen erst beim Auftreffen auf undurchlassende Schichten zur Ansammlung und zum Abfließen nach den eigentlichen Quellen. Es kommt aber auch hier wesentlich darauf an, wie das Sammelgebiet der Quelle beschaffen ist, ob das Eindringen des Regenwassers durch Waldbestockung erleichtert, und ob der oberflächliche Abfluß, sowie die Verdunstung verhindert wird. Es ist einleuchtend, daß die Größe der Sickerwassermengen, die schließlich auf einer undurchlässigen Schichte des Bodens oder Gesteins sich ansammeln bzw. auf geneigter Fläche in Form von Quellen abfließen und die Bäche und Flüsse speisen, von einer ganzen Reihe von Faktoren abhängig ist. Die Menge und Art der Niederschläge, die Bodenart, namentlich seine wasserhaltende Kraft und seine Struktur, die ihm auflagernde Decke von Laub und Nadeln und endlich die in dem Boden wurzelnden Pflanzen wirken teils erhöhend, teils erniedrigend auf die Sickerwassermengen ein[1]).

Vor allem aber muß hierbei, um zu richtigen Ergebnissen zu gelangen, nach klimatischen Gebieten unterschieden werden. Die Sickerwassermengen sind sehr

---

lasse das Wasser nur schwer in den Boden eindringen, er wirke deshalb abschließend und lasse alsbald den größten Teil des Wassers oberflächlich abfließen.

Die Hauptsätze und -Beobachtungen Kautz' hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Bedeutung der Hochmoore lauten (Schutzwald, S. 28 u. 29):

„Das unangeschnittene Hochmoor ist bis auf die dünne vegetative Oberflächenschicht immer wassergesättigt, bis zu 95 Prozent.

Bei starken Niederschlägen kann deshalb nur wenig Wasser aufgenommen werden; der weitaus größte Teil fließt oberflächlich schnell ab und trägt zur Beschleunigung und Verschärfung der Hochwassergefahr am meisten bei.

In Trockenzeiten hält die Moorfaser das Wasser so fest, daß die vom Moor bergabführenden Wildbäche trocken sind. Selbst die auf dem nassen Moore stehenden Fichten und Kiefern vermögen nur wenig Feuchtigkeit zu entnehmen; sie kümmern, leiden an „physiologischer Trockenheit". Auch in den Untergrund dringt kein Wasser. Das Wasser staut sich unter Torfmoosen an . . .

Geringe Niederschläge laufen über dem Gebirgshochmoore ab und werden an seiner unteren Grenze zu neuem Sphagnumwachstum verbraucht, greifen dort weiter den Waldbestand an und erhöhen doch nicht den Niedrigstand der Bäche."

Eine ähnliche Auffassung von der wasserwirtschaftlichen Bedeutung der Hochmoore findet sich in dem für die „Versammlung der Thüringer Oberforstbeamten" in Oberhof im September 1909 gedruckten Führer für die Waldbegänge durch die Reviere Gehlberg und Dörrberg der Gothaischen Staatsforsten. Hier heißt es auf S. 17 und 18:

„Von manchen Seiten wurde diesen Hochmooren ein ganz besonderer Einfluß auf die Wasserverhältnisse des Waldes zugeschrieben, man bezeichnete sie direkt als Sammelbecken für die Quellen des Waldes und erachtete ihre dauernde Erhaltung als notwendig für die Erhaltung der Quellen. Die Auflagerung der Moore (des Thüringerwaldes) auf undurchlässiger, zum Teil geneigter Schicht, das Fehlen fast jeglichen Wasserabflusses aus den Mooren lassen berechtigte Zweifel gegen diese Annahme aufkommen. Der Einfluß der Hochmoore in meteorologischer Hinsicht darf deshalb nicht zu hoch eingeschätzt werden . . . Rücksichten auf die Wasserverhältnisse dürften die Erhaltung der Moorflächen deshalb nicht fordern . . ."

Zu vergleichen ferner: Prof. Dr. Vater „Wasserabgabe aus dem Walde". Vortrag, gehalten auf der 49. Versammlung des sächsischen Forstvereins zu Marienberg im Jahre 1905. Vers.-Bericht, 1905, S. 21 u. 22. Oppokow „Zur Frage der vieljährigen Abflußschwankungen in den Bassins großer Flüsse". Zeitschrift für Gewässerkunde, Bd. VI, 1903, S. 1.

H. Schreiber „Die Einwirkung der Moore auf den Wasserabfluß". Oesterr. Moorzeitschrift, 1902, VIII u. IX, zitiert nach dem Referat in der Zeitschrift für Gewässerkunde, 1903, S. 127.

Schreiber faßt die Ergebnisse seiner Untersuchungen in folgende Worte zusammen: „Moore sind nicht nur keine Wasserregulatoren, sondern sie verschlechtern das Uebel, welches durch große Trockenheit einerseits, große Feuchtigkeit andererseits verursacht wird."

1) Dr. Bühler „Untersuchungen über Sickerwassermengen". Mitteilungen der schweiz. Zentralanstalt für das forstl. Versuchswesen. IV. Band, 1895, S. 203 ff.

verschieden groß, je nachdem es sich um humide oder aride Gebiete oder um Zwischenstufen dieser beiden extremen Klimagebiete handelt.

Von großem Einflusse in dieser Hinsicht ist namentlich die Wirkung der Streudecke des Waldbodens. Mag diese nun aus abgefallenem dürren Laub oder aus einem Moospolster, wie in den älteren Nadelholzbeständen, gebildet werden, so hindert sie stets in hohem Grade die Verdunstung des Bodenwassers, verstärkt also die im obigen schon entwickelte Wirkung des Kronenschlusses im Walde. Ueber diese Frage hat Prof. Dr. Ebermayer mittelst seiner mit Bodenproben gefüllten Verdunstungsmesser eingehende Untersuchungen angestellt und als Hauptergebnisse gefunden [1]), daß im 5 jährigen Mittel sämtlicher Beobachtungen in dem Bestandesschlusse allein (d. h. ohne Streudecke) 47 Prozente von der im Freien verdunsteten Wassermenge in die Luft übergehen, während 53 % dem Boden erhalten bleiben, daß aber die Wirkung des Holzbestandes und der Streudecke in einer Herabminderung der Verdunstung auf 22 % besteht, d. h. von zwei gleichmäßig mit Wasser durchfeuchteten Böden verliert der des freien Landes durchschnittlich 4 ½ mal so viel durch Verdunstung als der durch einen Holzbestand und eine Streudecke geschützte Waldboden. Der bekannte Erbauer der Schwarzwaldbahn, Oberbaurat Rob. Gerwig, stellte schon früher solche Versuche über die Absorptionsfähigkeit des Mooses und der Streudecke des Waldes an und zog hieraus den Schluß, daß eine geographische Quadratmeile Wald darin 1—1 ½ Millionon cbm Wasser zurückzuhalten vermöge, was in manchen Fällen eine Verzögerung des Wasserablaufes um 15 Stunden bewirken kann [2]). Rechnet man hierzu die Erleichterung, welche dem Einsickern des Tagwassers in die tieferen Bodenschichten durch die röhrenförmigen Kanäle der verfaulten Wurzelstränge gewährt wird [3]), so versteht man die Bedeutung, welche dem Walde als Erhalter der Quellen zugeschrieben wird. Im Hochgebirge kommt hierzu noch die Verzögerung des Schneeabganges durch den Wald; man findet oft an geschützten Nordseiten den Schnee noch bis in den Hochsommer hinein, zumal wenn er durch Laubverwehungen gedeckt ist.

Hieraus folgt, daß solche Waldungen, welche das hochgelegene Sammelgebiet einer Quelle bestocken, dem letzteren viel größere Mengen tropfbar flüssigen Wassers erhalten und durch Einsickern zuführen, während umgekehrt umfangreiche Abholzungen auf solchem Gelände infolge der ungewöhnlichen Steigerung der Verdunstung Mangel an Wasser zur Folge haben werden. In der Tat hat man auch schon vielfach und seit langer Zeit Beobachtungen über diesen Zusammenhang gemacht, worüber der V. Versammlung deutscher Forstmänner in Eisenach im Jahre 1876

1) Ebermayer „Gesamte Lehre der Waldstreu" S. 183. Derselbe, „Verdunstungsbeobachtungen und Verdunstungsmesser" im Bericht über die Verhandlungen des internationalen Meteorologen-Kongresses in Wien, 1873.

2) Die Verzögerung des Wasserabflußes wirkt jedoch nicht unter allen Umständen günstig hinsichtlich der Ueberschwemmungsgefahr.

3) Andererseits besitzt aber auch der Humus, in den sich die abgestorbenen Wurzelreste allmählich verwandeln, vermöge seiner Porosität unter allen Bodenbestandteilen die größte Wasserkapazität und speichert deshalb beträchtliche Mengen des einsickernden Wassers in sich auf. Dieser Umstand trägt also zwar zur Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit in den oberen Bodenschichten, dagegen andererseits auch zur Verminderung der Wasserleitung in die Tiefe, d. h. der Sickerwassermenge, bei. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die normale Streudecke einen günstigen Einfluß auf die Entwicklung und das Wachstum der Waldbäume ausübt. Die gesteigerte Produktion und Transpiration der Pflanzen bewirkt aber auch eine Zunahme des Wasserverbrauches. Das gleiche Verhältnis finden wir bei den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Je kräftiger und üppiger dieselben entwickelt sind, desto größer ist natürlich ihr Wasserverbrauch und die Austrocknung des Bodens. Nach den Versuchen J. H. Gilbert's enthielt daher ein gedüngter Grasboden bis in größere Tiefen geringere Mengen von Wasser als ein ungedüngter (Ebermayer a. a. O., S. 21). Die Düngung wirkt also analog der guten Streudecke.



verschiedene Mitteilungen zugingen [1]), und was insbesondere durch Marchand und Choiseul-Gouffier, Gautieri etc. bezüglich Italiens und Griechenlands festgestellt wurde. Ueberhaupt ist dieser Gegenstand in einer ungemein zahlreichen Literatur besprochen worden, so daß es unmöglich ist, in dem Rahmen dieser Abhandlung nur einen Ueberblick über die vielen Reiseberichte aus Syrien, Palästina, die amtlichen Gutachten und Petitionen, welche namentlich die französische Forstliteratur aufweist, zu geben [2]). Aus weiter zurückliegender Zeit möge nur ein Zitat aus einer Denkschrift von J. A. Blanqui (1843) über die Alpen der Provence hier eine Stelle finden:

„Man kann sich in unseren gemäßigten Gegenden keinen Begriff von diesen brennenden Bergschluchten machen, wo es nicht einmal einen Busch gibt, um einen Vogel zu schützen; wo der Reisende nur da und dort einen ausgetrockneten Lawendelstengel antrifft; wo alle Quellen versiegt sind; wo ein düsteres, kaum vom Gesumme der Insekten unterbrochenes Schweigen herrscht. Auf einmal, wenn ein Gewitter losbricht, wälzen sich in diesen geborstenen Becken von der Höhe der Berge Wassermassen herab, welche verwüsten, ohne zu befeuchten, überschwemmen ohne zu erfrischen, und den Boden durch ihre vorübergehende Erscheinung noch öder machen, als er durch ihr Ausbleiben war.

Endlich zieht sich der Mensch zuletzt aus diesen schauerlichen Einöden zurück, und ich habe in diesem Jahre nicht ein einziges lebendes Wesen in Ortschaften angetroffen, wo ich vor dreißig Jahren Gastfreundschaft genossen zu haben mich recht gut erinnere."

Von Aeußerungen aus neuerer Zeit über den Einfluß des Gebirgswaldes auf die Bildung und nachhaltige Speisung der Quellen sei nur auf diejenigen Intze's, Rothenbach's, Ney's und des Zentralbureaus für Meteorologie und Hydrographie im Großh. Baden verwiesen.

Der Wasserbautechniker Professor Intze[3]) äußerte sich im Jahre 1899 im preußischen Herrenhaus bei den Verhandlungen über die Schutzmaßregeln im Quellengebiete der linksseitigen Zuflüsse der Oder in der Provinz Schlesien u. a. wie folgt:

„Bei der Wasserversorgung der Ortschaften im Gebirge hat man im Laufe der Jahrzehnte erfahren, daß die Gebiete, die eine vorzügliche Bewaldung mit Hochwald zeigen, in günstigster Weise über die Trockenperiode mit der Wasserversorgung hinweggekommen sind, während andere schlecht bewaldete Gegenden die größte Not gelitten haben."

Der Direktor der Licht- und Wasserwerke der Stadt Bern, Rothenbach[4]), weist auf Grund genauer Untersuchungen und Messungen in dem die Stadt Bern mit Wasser versorgenden Quellengebiete nach, daß die aus bewaldeten Berghängen kommenden Quellen bei anhaltender Trockenheit längere Zeit ergiebig bleiben als die in unbewaldetem Gebiete entspringenden Quellen.

Ney[5]) hält den streugeschonten Gebirgswald für unbedingt nützlich, weil er den oberirdischen Wasserabfluß verhindert oder verzögert.

In gewissem Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse der in Baden von dem Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie (Honsell) in Verbindung mit der Forstbehörde im Flußgebiete der „Hauensteiner Alb" im südlichen Schwarzwald durchgeführten Untersuchungen [6]). Ein Einfluß der Bodenbedeckung auf die Ergiebigkeit der Quellen des 212,5 qkm großen und zu

1) Bericht über die 5. Versammlung deutscher Forstmänner in Eisenach. Berlin 1877.

2) Deshalb zu verweisen auf Jacquemart „Bibliographie forestière française". Paris 1852. Bureau des Annales forestières.

3) Jahrbuch der preuß. Forst- und Jagdgesetzgebung, 1899, S. 199.

4) Schweiz. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1898, S. 233.

5) „Der Wald und die Quellen", Tübingen 1893 (S. A. aus „Aus dem Walde"). — Forstwiss. Centralblatt, 1901, S. 462.

6) „Das Flußgebiet der Hauensteiner Alb im südlichen Schwarzwald." Auf Grund der in den Jahren 1884 und 1885 vorgenommenen Untersuchungen hydrographisch und wasserwirtschaftlich beschrieben unter Mitwirkung von Oberforstrat Krutina durch das Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden. VI. Heft der „Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden". Karlsruhe 1889.

50,83 % bewaldeten Flußgebietes konnte hierbei nicht gefunden werden; „vielmehr scheinen in dieser Hinsicht vorzugsweise die geognostische Beschaffenheit des Gebietes, die Mächtigkeit des Verwitterungsbodens und die Neigungsverhältnisse ausschlaggebend zu sein" (S. 50). Daß der Wald aber gar keinen Einfluß auf die Quellenbildung ausübe, wird nicht behauptet, sondern es heißt nur, daß die Erhebungen „noch keinen sicheren Anhalt" für den fraglichen Einfluß des Waldes gegeben haben; und bezüglich der Tatsache, daß das großenteils kahle Bernauer Tal in trockener Zeit wasserreicher gefunden worden war, als das stärker bewaldete Menzenschwander Tal, wird ausdrücklich hervorgehoben, daß es ein einzelstehender Fall sei, der sich aus der Verschiedenheit der geotektonischen Verhältnisse genugsam erkläre (S. 74). Weiter heißt es wörtlich: „Hat nun auch im Jahr 1882 die reichliche Bewaldung des Albgebietes die Hochflut nicht hintanhalten können, so hat sie doch wohl wesentlichen Teil daran, daß dieses Gebiet, soviel bekannt, nur sehr selten und seltener als benachbarte, weniger bewaldete Täler von solchen Ereignissen betroffen wird." Auch dem Satze (S. 73): „Die neuerlichen Untersuchungen der sog. Wald- und Wasserfrage haben aber mancherlei Zweifel über das Maß der Bedeutung des Waldes im Wasserhaushalt einer Gegend aufkommen lassen und der Anschauung Eingang verschafft, daß der Einfluß der Bewaldung, jedenfalls des Mehr- und Mindermaßes, wie es in unseren Mittelgebirgen nur in Frage kommen kann, vielfach überschätzt worden ist" darf keine allzu große Bedeutung beigemessen werden. Im Schlußworte der Arbeit wird denn auch besonders darauf hingewiesen, daß es von zweifelhaftem Werte sein würde, allgemeine Schlußfolgerungen aus dem im einzelnen kleinen Flußgebiete Gefundenen zu ziehen. Die Arbeit sei im wesentlichen nur als eine Beschreibung eines Flußgebietes zu betrachten, nicht als eine erschöpfende kritische Untersuchung des ursächlichen Zusammenhanges der einzelnen Erscheinungen.

§ 25. Infolge der geschilderten Vorgänge findet man in der Regel in gut bewaldeten Gebirgen, namentlich in den deutschen Mittelgebirgen sowie am Nordabhange der Alpen, eine konstante Speisung der Bäche und Flüsse, deren Wasserstand sich innerhalb gewisser durch die Jahreszeit bedingter Schwankungen, aber ohne exzessive und schädliche Extreme bewegt. Auch ist der mittlere Wasserstand der Bäche, die ihren Ursprung in bewaldeten Höhen haben, allgemein höher und gleichmäßiger als der von kahlgehauenen, öden Bergen herabkommenden. Im Gegensatze zu diesen gut bewaldeten Gebirgen stehen z. B. die entwaldeten Südabhänge der Alpen in Tirol und namentlich die westlichen der Provence sowie die Apenninen, wo das Regime der Gewässer sich durch ungewöhnliche Extreme der Trockenheit und der Ueberflutungen auszeichnet. Besonders beachtenswerte Mitteilungen hierüber haben unter anderen G. Wex[1]) und der Schweizer Ingenieur Rob. Lauterburg[2]) gegeben. Nach diesem hat die Adda in dem Zeitraum von 1834—62 etwa 28 % ihrer Wasserkraft bei Niederwasser hauptsächlich infolge der Waldverwüstungen im Kanton Tessin eingebüßt. Hingegen wiederholen sich die Hochwasser jetzt durchschnittlich alle 20 Monate, während sie früher, solange die Talwände noch bewaldet waren, in Perioden von je 54 Monaten wiederkehrten. Lauterburgs Untersuchungen an anderen Flüssen zeigen, daß wilde Gewässer, welche aus bewaldetem Gelände entspringen, in ihrem Wasserstande Schwankungen von höchstens 1 : 100 aufweisen, während die aus unbewaldeten Gebirgen stammenden solche von 1 : 450 zeigen. —

1) Wex „Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwasser in den Kulturländern". Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. Wien 1873 u. 1879.

2) Rob. Lauterburg „Ueber den Einfluß der Wälder auf Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz". Bern, 1878. K. Wyss.



Allerdings mag schon die Exposition der Gebirge, die Richtung ihres Zuges quer gegen die feuchten Windströmungen sowie die relativ höhere Feuchtigkeit der aus dem Südwesten kommenden Luftströmungen in diesen Gegenden von vornherein eine Neigung zu abnormen Niederschlagsmengen veranlassen, allein die Tatsache bleibt bestehen, daß der Mensch in unverantwortlichem Leichtsinne den einzigen von Natur gegebenen Schutz, den Wald, vernichtet hat. Es waren namentlich die großen Ueberschwemmungen der Rhone im abgelaufenen Jahrhundert, welche die allgemeine Aufmerksamkeit nicht bloß in Frankreich, sondern in Europa auf diese Frage der Walderhaltung im Interesse der Regulierung der Wasserstandes gelenkt haben. Eine ganze Literatur ist hierüber entstanden, und besonders im Beginne der sechziger Jahre und unter dem zweiten Kaiserreiche hat man sich auch von seiten der Regierung lebhaft mit der Wiederbewaldungsfrage (die im nächsten Abschnitte betrachtet werden soll) beschäftigt. Auf experimentellem Wege suchten Jeandel, Contégril und Bellaut[1]) die Wirkungsweise des Waldes auf Erhaltung und Bindung der wässerigen Niederschläge darzutun, während die Praktiker auf eine wirksame Bekämpfung der Gefahren durch Schutzbauten und durch Aufforstungen sannen. Auch in der Schweiz haben wiederholte Ueberschwemmungen des Rheines und seiner seitlichen Zuflüsse Veranlassung gegeben, die Wirkungen des Waldes auf eine geregelte Ableitung der Gewässer näher ins Auge zu fassen: hier war es vor allem die Aufgabe, durch Belehrung eine allgemeinere und klarere Erkenntnis der Gefahr, welche aus der Mißwirtschaft im Walde entspringt, in möglichst weite Kreise zu bringen — eine Aufgabe, welche Landolt und Coaz sowie überhaupt die Forstverwaltung der Schweiz mit rühmlicher Energie und Ausdauer erfüllt haben.

In Preußen wurde 1892 eine aus 32 Mitgliedern bestehende kgl. Kommission zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmung besonders ausgesetzten Flußgebieten einberufen. Die von ihr ausgearbeitete Denkschrift vom 5. Juni 1896 enthält bezüglich des Waldeinflusses den Satz:

„Daß die Zurückhaltung des Tagwassers durch den Wald bei außerordentlichen Regengüssen bald eine Grenze findet, ist durch die Untersuchungen der Hochfluten in Niederschlesien vom August 1888 und in den Beskiden (Juni 1894), die ihren Ursprung in Gebieten mit dichtem und vortrefflichem Waldbestande nahmen, bestätigt worden. Anderseits lehrt aber die Erfahrung an diesen und zahlreichen anderen Stellen unserer norddeutschen Stromgebiete, daß die Ersetzung des Gebirgswaldes durch Weide- oder Ackerland das rasche Zusammenfließen der Niederschläge in hohem Grade begünstigt und die Abschwemmung des Bodens an starkgeneigten Berghängen großenteils oder vollständig herbeiführt. Die günstige Einwirkung der Gebirgswaldungen auf eine Verzögerung der Schneeschmelze wird beim jähen Eintritte der Frühjahrserwärmung allerdings beeinträchtigt, trägt aber doch wesentlich dazu bei, daß z. B. die schlesischen Gebirgsflüsse von übermäßigen Schmelzwasserfluten im allgemeinen verschont bleiben."

Die Richtigkeit dieses Satzes, in dem sich der gegenwärtige Stand unseres Wissens auf dem Gebiete der „Wald- und Wasserfrage" ausdrückt, ist in den beiden letzten Jahrzehnten durch vielfache Untersuchungen immer mehr bestätigt worden. Man kann heute als feststehend annehmen, daß allgemeine Klimaänderungen von Dauer infolge von Entwaldung und Trockenlegung von Seen und Sümpfen nicht nachweisbar sind. „Dagegen treten (periodische) Klimaschwankungen auf, gegenüber denen die örtlich beschränkte klimatische Einwirkung der Entwaldung und Entsumpfung geringfügig ist. Weder Seen noch Moore vermögen den ihnen oft zugeschriebenen gewaltigen Einfluß auf die Ausgleichung der Gegensätze zwi-

1) Etudes experimentales sur les inondations 1862. Bericht an die Akad. der Wissenschaften 144. S. 8.

schen Hochfluten und Wasserklemmen auszuüben. Auch der Wald wirkt nur unwesentlich auf diese Erscheinungen des Abflußvorganges unserer Ströme ein"[1]).

Allerdings hat diese Ansicht noch keine allgemeine Anerkennung erlangt. Insbesondere decken sich die Meinungen der Wasserbautechniker über den Einfluß des Waldes auf das Regime der Gewässer, namentlich auf das sog. Niedrigwasser (Wasserklemmen) und auf die Ueberschwemmungsgefahr, noch nicht vollständig. Immerhin stehen sich ihre Ansichten näher, als man auf Grund einer oberflächlichen Betrachtung der verschiedenen Untersuchungsergebnisse und Schlußfolgerungen anzunehmen geneigt sein könnte. Es muß bei einer Beurteilung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse zwischen den Wasserabflußverhältnissen der Bäche und Flüsse mit kleinem Einzugsgebiete einerseits und der großen Ströme andererseits unterschieden werden, was bisher nicht immer geschehen ist.

Was zunächst den Einfluß des Waldes auf die Erhöhung des Niedrigwassers anlangt, so glaubt Intze[2]) behaupten zu dürfen, daß „eine gut gepflegte Bewaldung im Quellgebiete wohl imstande ist, Schädigungen durch Hochwasser und Mangel an Niedrigwasser vorzubeugen".

Die Frage, ob das Niedrigwasser durch Waldungen vergrößert werden könne, sei von anderer Seite verneint worden, aber neuere genaue Untersuchungen über die Abflußmengen des Wassers aus bewaldeten Gebieten hätten deutlich gezeigt, daß ein außerordentlicher Einfluß des Waldes auf die Abflußmengen vorhanden sei. In Gebirgsgegenden des Rheinlandes, wo die Verhältnisse der Abflußmengen in der Sekunde — ähnlich wie im schlesischen Gebirge — bei Niedrig- und Hochwasser sich wie 1 : 1000 verhalten, seien folgende Zahlen gefunden worden: „Ein Gebiet, welches mit vorzüglich gepflegtem Hochwald versehen war, mit 50% Bewaldung, hat zwei- bis dreimal soviel Niedrigwasser ergeben, als ein anderes, das nur ungefähr mit 40% bewaldet war und einen schlecht gepflegten Wald zeigte. Während das Niedrigwasser durch vorzüglich gepflegten Hochwald Wochen und Monate hindurch verstärkt war, wurde die sekundlich abfließende Hochwassermenge auf die Hälfte und mehr vermindert.

An anderer Stelle spricht Intze[3]) sogar von einem nennenswerten Einflusse der Bewirtschaftung der Quellgebiete auf die Wasserverhältnisse der Bäche und Flüsse und betrachtet es als nachgewiesen, „daß ein vorzüglich gepflegter Wald im Gebirge eine Vermehrung des Niedrigwassers und eine Verminderung des Hochwassers bis zu einer gewissen Grenze[4]) zu bewirken vermag, während andererseits eine Entwaldung eine wesentliche Verminderung des Niedrigwassers und eine schädliche Vergrößerung der Hochwasseranschwellung im Gefolge hat".

Unter den zahlreichen neueren Denkschriften über die Wirkungen der Entwaldungen auf das Regime der Gewässer, welche die gleiche Ansicht über die Ursache der Wasserklemmen vertreten, möge hier nur noch auf eine im Jahre 1902 von den rheinisch-westfälischen Industriellen an die Pro-

1) Keller „Einfluß der Zerstörung der Wälder und Trockenlegung der Sümpfe auf den Lauf und die Wasserverhältnisse der Flüsse." Bericht für den X. internat. Schiffahrtskongreß in Mailand, 1905. Brüssel 1905. Zitiert nach der Besprechung von Schubert in der Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen, 1906, S. 62.

2) Verhandlungen des preuß. Herrenhauses bei der Beratung des Gesetzes, betr. Schutzmaßregeln im Quellgebiete der linksseitigen Zuflüsse der Oder in der Provinz Schlesien vom 16. Sept. 1899 (vgl. Jahrbuch der preuß. Forst- und Jagdgesetzgebung, 1899, S. 198).

3) „Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge, deren Verbesserung und wirtschaftliche Ausnutzung". Vortrag. Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen, 1899, 1. Heft, Seite 4.

4) Intze hat hierbei wohl die kleineren Gebirgs-Bäche und -Flüsse im Auge, weniger die großen Flüsse und Ströme.



vinzial-Regierung gerichtete Eingabe hingewiesen werden; darin heißt es, im Sinne der Ausführungen Intzes:

„Auch die Wasser konsumierende Industrie hat unter den Mißständen der zunehmenden Entwaldung zu leiden, da hiermit der konstante Wasserzufluß abnimmt und bei trockener Jahreszeit die Wasserläufe so wenig Wasser führen, daß die Bedürfnisse der Industrie nicht befriedigt werden" etc.

Während nach Vorstehendem Intze dem Gebirgswalde auch einen nennenswerten Einfluß auf die Ueberschwemmungsgefahr der Bäche und kleineren Flüsse beimißt, sind Honsell und Lauda, was die Hochwasserkatastrophen der Hauptflüsse und Ströme anlangt, der Ansicht, daß der Mitwirkung des Waldes zur Beseitigung der Ueberschwemmungsgefahr gar keine oder doch nur eine sehr geringe Bedeutung beizumessen sei.

„Von größter Bedeutung in der „Wald- und Wasserfrage" — sagt Honsell[1]), der Vorstand des Zentralbureaus für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden — aber ist der Umstand, daß der Wasserverbrauch und die Wasserzurückhaltung des Waldes in der toten Zeit, also im Winter, wenig oder gar nicht zur Wirkung kommen, am meisten dagegen im Sommer, also in der Jahreszeit, in welcher in den nicht von den Firnen des Hochgebirges gespeisten Gewässern in der Regel Wasserarmut herrscht, die von der Landwirtschaft, den Wasserwerken und der Schiffahrt als ein schwerer Nachteil empfunden wird. In den Flüssen der Mittelgebirge des Rheingebietes mit ihren vorherrschenden Sommerregen wird der Rückgang der Wasserlieferung im Sommer auch wesentlich auf den Wasserverbrauch des Waldes zurückzuführen sein; der Winter aber ist hier die Zeit der Hochwassergefahr, und gerade in dieser Zeit ist die Wirkung des Waldes auf die Wasserzurückhaltung die geringste. Und da diese Wirkung, wie durch Versuche und Messungen nachgewiesen, abnimmt, je stärker die Niederschläge auftreten, so kann bei wiederholtem Umschlag der Witterung im Winter das Vorhandensein ausgedehnter Waldungen im Gebirge geradezu eine Steigerung der Hochwassergefahr herbeiführen.

Schon diese Andeutungen dürften erkennen lassen, daß die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Waldes zum wenigsten überschätzt worden ist, wenn man der Abnahme der Waldbedeckung, wie sie sich mit der Zunahme der Bodenkultur allerwärts vollzogen hat, den schroffen Wechsel in der Wasserführung der Bäche, Flüsse und Ströme, die Verschärfung einerseits der Trockenperioden (Wasserklemmen), anderseits der Hochwassererscheinungen ausschließlich oder doch in erster Reihe zuschreiben wollte."

Aus diesen Ausführungen darf jedoch keineswegs geschlossen werden, daß Honsell die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Waldes vollständig in Abrede stellt. Zum Beweise dessen sei angeführt, was er an einer anderen Stelle desselben Werkes (S. 353) sagt: „Wie sehr auch im einzelnen die der Bewaldung auf die Ansammlung, die Zurückhaltung und den Ablauf des Wassers zukommenden Einflüsse noch einer gründlichen Erforschung und genaueren wissenschaftlichen Feststellung bedürfen, so ist doch auf Grund der seitherigen Beobachtungen im allgemeinen als feststehend zu erachten, daß dem Vorhandensein größerer und geschlossener Waldungen im gebirgigen Einzugsgebiete des Stromes eine günstige Einwirkung auf die Ausgleichung der Schwankungen in der Wasserführung der Zuflüsse und insbesondere auf die Befestigung des Bodens und damit auf die Verhütung von Geschiebebildung zuzuschreiben sei."

In gleichem Sinne wie Honsell äußerte sich Oberbaurat E. Lauda[2]), Vorstand des k. k. hydrographischen Zentralbureaus in Wien, auf dem Verbandstage des deutsch-österreichisch-ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt zu Breslau im September 1901:

1) „Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem Deutschen Reich", herausgegeben von dem Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden. Berlin 1889.

2) Verbandsschriften, Neue Folge, Nr. VII. E. Lauda „Fortschritte auf hydrographischem Gebiete in Oesterreich". Berlin 1901, S. 5 ff. — Ferner: Beiträge zur Hydrographie Oesterreichs, herausgegeben vom k. k. hydrographischen Zentral-Bureau. IV. Heft: „Die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1899 im österr. Donaugebiete." Wien 1900. (Schlußbemerkungen, S. 155 ff.).

„Es ist eine allbekannte Tatsache, daß dem Waldbestande ein Einfluß auf die Milderung oder wohl gar auf die Verhinderung, und der Waldabstockung ein solcher auf die Entstehung von Hochwasserkatastrophen oder auf die Raschheit ihrer Aufeinanderfolge zuerkannt wird. Auch besteht der Glaube, daß die Hochwasserkatastrophen der letzten Jahre in Oesterreich durch die zunehmende Abholzung der Wälder verursacht worden wären, und daß die in der letzten Zeitperiode dort beobachtete raschere Aufeinanderfolge der Hochfluten mit immer steigender Wasserstandshöhe entweder auf diese Waldverwüstungen oder aber auf die künstlichen Eingriffe in das Flußregime bzw. auf die ausgeführten Regulierungsbauten zurückzuführen sei.

Demgegenüber besagen nun die Forschungsergebnisse des k. k. hydrographischen Zentral-Bureaus in Wien das folgende:

Das Interesse der Wasserwirtschaft bedingt unbestreitbar eine außerordentliche Wertschätzung des Waldbestandes, welche auf seinen Eigentümlichkeiten beruht, die Bodendecke vor Abschwemmung und dadurch die Wasserläufe und Täler vor Verschotterung zu bewahren und das Abschmelzen der im Verlaufe der Winterszeit dort abgelagerten Schneemassen durch den gegen Sonnenstrahlen, Wind und warmen Regen gewährten Schutz zu verzögern, bzw. zugunsten eines ruhigen Wasserabflusses zu fördern. Diese Eigenschaften des Waldes vermögen allein schon den steten Ruf nach möglichster Pflege der Forstkultur vollauf zu begründen. Während nämlich durch das langsame und allmähliche Abschmelzen der Schneemassen naturgemäß geringere Wassermengen gleichzeitig in den betr. Flußlauf gelangen, entspringen aus der Zurückhaltung der Geschiebe, sowie aus der verminderten Sinkstofführung der Flüsse ganz bedeutende Vorteile, die namentlich für die Quellgebiete deshalb einen unschätzbaren Wert in sich schließen, weil dort nur dadurch den Gefahren der Vermuhrung ertragsfähigen Bodens und den erschreckenden Verwüstungen kultureller Liegenschaften erfolgreich begegnet werden kann.

Damit dürften aber auch die für die Ausbildung der Hochfluten vorteilbringenden Eigenschaften des Waldes erschöpft sein. Daß demselben auch ein gewisses Zurückhaltungsvermögen hinsichtlich des Abflusses eingetretener Niederschläge eigen ist, geht am deutlichsten aus der erfahrungsgemäßen Erscheinung hervor, nach welcher ausgedehnte Entwaldungen eine fühlbare Wasserarmut der diese Areale durchziehenden Gerinne herbeizuführen imstande sind. Allein die wohltätige Wirkung, welche dieser Eigenschaft großer Forste zukommt, ist lokal beschränkt und bloß geeignet, sich auf den relativ günstigen Verlauf von Ueberflutungen der Quellgebiete, sowie der unmittelbar daran sich anschließenden oder den Waldbestand umsäumenden Täler und der dahin einmündenden Wild- und Sturzbäche zu erstrecken. Einen maßgebenden Einfluß auf die Ursache, den Umfang und das Wesen verderblicher Hochwässer, wie solche Oesterreich heimsuchten, besitzt dieses Rückhaltungsvermögen des Waldes jedoch keinesfalls. Uebrigens findet dasselbe bei großen Regenmengen, wenn die Atmosphäre und die Bodendecke mit großen Feuchtigkeitsmengen geschwängert ist, gar bald ein Ende. In diesen Fällen wird der Wald sogar für den Abfluß verhältnismäßig mehr verfügbares flüssiges Element liefern, als wenn dasselbe Landgebiet forstfrei gewesen wäre, da in dem letzteren nach dem Regen sofort erhebliche Massen des gefallenen Wassers zur Verdunstung gelangt sein würden, während die Laub- und Nadeldächer des Waldes den Eintritt des Verdunstungsprozesses noch längere Zeit zu verzögern geeignet sind."

L a u d a weist dann darauf hin, daß selbst dann, wenn eine günstige Wirkung der Zurückhaltung des Waldes auf den Wasserabfluß vorausgesetzt werden könnte, dieses Rückhaltungsvermögen und die daraus sich ergebende Verspätung der höchsten Wasserstände der Zubringer (Nebenflüsse) eine Erhöhung des Wasserstandes im Hauptflusse zur Folge haben könne, — nämlich dann, wenn die durch den Einfluß des Waldes verspätet eintretenden Höchstwässer der Zuflüsse sich gerade zu dem Zeitpunkte in den Hauptfluß ergössen, in welchem der letztere seinen höchsten Stand habe —, und er schließt seine Ausführungen über den Einfluß des Waldes auf die Hochwasserkatastrophen mit folgenden Sätzen: „Gegen die dem Walde im Volksglauben zuerkannte Einflußnahme auf die durch starke Regen hervorgerufenen Katastrophen spricht endlich auch die interessante Tatsache, daß merkwürdigerweise Ländereien, die sich der höchsten Forstkultur erfreuen, nicht selten relativ am schlimmsten von derartigen Ereignissen heimgesucht werden. . . . . Erscheint nun aber die günstige Einflußnahme des Waldes auf die Ermäßigung der Hochwässer nichts weniger als begründet, um wie viel weniger hat erst dann die Behauptung eine Berechtigung, daß in den Abholzungen der Forste die Ursachen dieser Katastrophen und ihres heftigen Auftretens zu erblicken seien. Der Hinweis darauf, daß schon in vergangenen Jahrhunderten Hochwasserkatastrophen von gleicher Großartigkeit wie heutzutage, also zu einer Zeit stattfanden, in welcher gewiß noch keine Klagen über Forstdevastationen vorlagen, dürfte bestens geeignet sein, den Wert dieser in der Waldabstockung vermuteten Eigenschaft auf das richtige Niveau zu stellen. . . . Zieht man die ungeheuren Wasserquantitäten in Betracht, welche atmosphärische Einflüsse zur Erzeugung von Hochfluten innerhalb weniger Tage bereitzustellen vermögen, so vermag man der Zu- oder Abnahme des



Waldbestandes um einige Hektare — denn nur um diese kann es sich in einem Flußgebiete handeln — einen Einfluß weder auf die Entstehung, noch auf die zeitliche Aufeinanderfolge und noch weniger einen maßgebenden Einfluß auf den Verlauf der bezüglichen Katastrophen zuzuschreiben.

In der weitverbreiteten, aus alter Zeit stammenden Meinung, die Waldabstockung sei Ursache derartiger Elementarereignisse, wird man dann um so mehr nur einen traditionellen Irrtum erblicken können, als sich eigentümlicherweise noch niemand der Mühe unterzogen hat, an der Hand von Ziffern das Flächenmaß der behaupteten Entwaldung zu bewerten, um so im Entgegenhalte zu den anerkannten, auf den Forstschutz und die Wiederaufforstung abzielenden staatlichen Bestrebungen den Nachweis zu erbringen, daß dieser traditionelle Irrtum wenigstens in bezug auf die Waldbestandsabnahme einer berechtigten Grundlage nicht entbehre."

Ohne in die außerordentlich ausgedehnten Einzelheiten der Wasserstanderhaltungsfrage hier näher einzugehen [1]), möge nur noch die Frage berührt werden, ob die statistischen Nachweisungen der Pegelbeobachtungen an den Flüssen ein beweiskräftiges Material für diese Veränderungen geben. Es wurde nämlich die Einwendung gemacht, daß einzelne Flüsse ihren mittleren Wasserstand gar nicht, andere im Sinne einer Erhöhung, andere in dem einer Senkung verändert haben, obgleich in ihrem Oberlauf Entwaldungen vorgekommen sind. Allein bei den umfangreichen Flußkorrektionen, Durchstichen, Vertiefungen der Rinnsale sowie Anlagen von Stauwerken usw. gibt der Pegelstand allein noch keinen Maßstab für die beförderte Wassermenge ab, sondern es müßten zu diesem Zwecke Geschwindigkeitsmessungen in Verbindung mit Profilaufnahmen stattfinden, weil durch die genannten Korrektionen sich die Geschwindigkeiten sowie die Querprofilflächen wesentlich verändert haben.

Jedenfalls lehrt die tägliche Erfahrung unwidersprechlich, daß ein Wald mit dichter Bodendecke die atmosphärischen Niederschläge in seinen obersten humusreichen Schichten zurückhält, deren Abfluß verzögert und gleichzeitig die allzugroße Durchlässigkeit vieler Geröll- und Sandsteinböden durch seinen Humusreichtum paralysiert; durch diese Verhinderung des raschen Verschwindens und Ablaufens der gefallenen Niederschlagsmengen wirkt der Wald bis zu einem gewissen Grade ausgleichend auf die Extreme des Wasserstandes in den Gebirgen, indem er eine zeitliche Verteilung des Abflusses zur Folge hat. Dadurch können kleinere Ueberschwemmungen der Bäche und Flüsse mit kleinem Einzugsgebiet im Gebirge verhütet werden; ein merklicher Einfluß auf die Hochwasserkatastrophen und die Wasserklemmen unserer großen Flüsse und Ströme konnte jedoch bis heute noch nicht einwandfrei nachgewiesen werden.

In richtiger Erkenntnis der großen praktischen Wichtigkeit dieser Frage hat daher die zweite Versammlung des Vereins deutscher Versuchsanstalten zu Braunschweig 1896 den Beschluß gefaßt, daß in Zukunft die Hauptaufgabe der forstl.-meteorologischen Forschungen im Studium des Einflusses, den der Wald auf den Quellenreichtum (Sickerwassermengen) ausübt, sowie auch der Bedeutung des Waldes für Ueberschwemmung und für die Verhütung von Wildbachbildungen zu bestehen habe. Zur Ausführung dieses Beschlusses wurde zunächst von einer zum Studium der „Wald- und Wasserfrage" gewählten Kommission ein Programm für die

1) Verwiesen sei nur noch auf: A. Gümbel „Die Hochwasser des Rheines und seiner Nebenflüsse", Allg. F. u. J. 1882. Koch „Das schnelle Anschwellen der Gebirgswasser". Trier 1883. Stephanus. Honsell „Die Hochwasserkatastrophen am Rhein im November und Dezember 1882". Berlin 1883. Frauenholz „Denkschrift betreff. die bessere Ausnützung des Wassers etc." München. Th. Ackermann. Hensel „Ueber Hochwässer, deren Ursache und Verhütung". München 1900. E. von Krassay, „L'influence des traveaux de régularisation sur le régime des cours d'eau en Hongrie". Zeitschrift für Gewässerkunde, III. Bd., 1900.



Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer entworfen, und die einzelnen zu lösenden Aufgaben an die Kommissionsmitglieder verteilt. Diese gaben als Referenten auf der IV. Versammlung des internationalen Verbands forstl. Versuchsanstalten in Mariabrunn 1903 eine orientierende Uebersicht über die Programmpunkte und die bisher unternommenen Untersuchungen, und auf Grund des daraufhin gefaßten Beschlusses, daß sich an der Fortführung dieser Untersuchungen die Mitglieder des internationalen Verbands beteiligen möchten, wird seitdem in dieser Richtung in beständiger Fühlung mit den hydrotechnischen Behörden und Instituten rüstig weitergearbeitet. Die ersten Früchte dieses Zusammenarbeitens liegen bereits vor. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse Ototzkijs in den Steppengebieten Südrußlands richtete die meteorologische Abteilung der Kgl. bayerischen forstl. Versuchsanstalt (E. Ebermayer) gemeinsam mit dem Kgl. Bayerischen hydrotechnischen Bureau (O. Hartmann) im Winter 1900/01 zwei neue Versuchsfelder in Mindelheim in Schwaben (640 m Seehöhe) und in Wendelstein im Nürnberger Reichswalde (340 m Seehöhe) ein. Die Ergebnisse der hier vorgenommenen mehrjährigen Untersuchungen sind in einer umfangreichen Abhandlung im Jahrbuch des Kgl. Bayer. hydrotechnischen Bureaus, Jahrgang 1903, veröffentlicht [1]). Hiernach beeinflußt der Niederungswald in unserem Klima und unter unseren Bodenverhältnissen den Stand des fließenden Grundwasserstroms auf die Dauer insofern nicht oder doch nicht wesentlich, als auf durchlässigen Bodenarten in Niederungen weder eine Depression noch eine Anschwellung des Grundwassers durch den Wald nachgewiesen werden konnte. Durch die ständige Bewegung des Grundwassers, d. h. durch den stetigen Wasserzufluß von dem Gelände außerhalb des Waldes, muß sich früher oder später immer wieder ein Ausgleich im Niveau des Grundwassers innerhalb des Waldes ergeben, ähnlich wie das durch zeitweises Pumpen dem Brunnen entnommene Wasser nach kurzer Zeit wieder durch seitlichen Zufluß ergänzt wird. Unter diesen Umständen kann man also dem Walde nur einen mittelbaren Einfluß auf den Grundwasserstand zuschreiben, weil die Sickerwassermengen durch den Wald verringert werden; unmittelbar wird dagegen der fließende Grundwasserstrom vom Walde nicht anders beeinflußt, als unter sonst gleichen Verhältnissen von unbewaldetem Gelände. Andererseits treten aber Frost und Schneeschmelze im Walde im allgemeinen später ein als im Freilande. Der Wald bildet deshalb für die Wasserspende des Grundwassers ein Reservoir; infolgedessen hält die Speisung des Grundwassers durch die Sickerwässer während der kalten Jahreszeit und im Frühjahr länger an als unter gleichen Verhältnissen in einem waldlosen Gebiete.

Befindet sich das Grundwasser dagegen in stagnierendem Zustande (sog. Grundwassersee), und kann ein Ausgleich des Wasserspiegels durch seitlichen Zufluß infolge schwer durchlässigen Bodens oder der Geländeform nicht oder doch nur sehr langsam stattfinden, dann wird der Wald ein Sinken des Grundwasserspiegels herbeiführen.

Obwohl diese Untersuchungen in Niederungsgebieten stattfanden und deshalb zur Erforschung des Einflusses der Gebirgswaldungen auf die Sickerwassermengen, den Grundwasserstand und den Quellenreichtum noch weitere eingehendere

---

1) Dr. Ebermayer und O. Hartmann „Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Grundwasserstand". Abhandlungen des kgl. bayer. hydrotechn. Bureaus. München, 1904.

O. Hartmann: Referat, erstattet der IV. Versammlung des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten. Versammlungsbericht, Mariabrunn 1903.



Untersuchungen erforderlich sind, kann die hohe Bedeutung der Tatsache, daß Frost und Schneeschmelze im Walde im allgemeinen viel später eintreten und die Speisung des Grundwassers durch das Sickerwasser länger anhält, auch für die Beurteilung des Einflusses der Gebirgswaldungen auf den Stand der Gewässer kaum mehr geleugnet werden. Und so kommen denn auch Ebermayer und Hartmann hinsichtlich des Einflusses der Gebirge und der Gebirgswaldungen auf den Wasserstand zu folgendem Schlusse:

„Mit Rücksicht auf den Umstand, daß in den Gebirgen die jährliche Regenhöhe 2—3 mal größer ist als im Flachland, daß ferner der Wasserverbrauch der Bäume mit zunehmender Seehöhe infolge geringerer Produktion stetig sich vermindert, die Bodenfeuchtigkeit dagegen durchschnittlich zunimmt; daß endlich an bewaldeten Gebirgsabhängen die Bildung von Rinnsalen und Wildbächen sehr erschwert ist und die oberflächliche Wasserabfuhr weit mehr Hindernisse vorfindet als an nackten Gehängen, kann es kaum zweifelhaft sein, daß in Gebirgen die Menge und Nachhaltigkeit des ober- und unterirdischen Wasserabflusses beträchtlich größer sein muß als im Hügel- und Flachlande. Die Gebirge, zumal im bewaldeten Zustande, werden daher mit Recht als die Hauptwasserreservoire des Festlandes betrachtet."

Auch in der Schweiz sind neuere Untersuchungen eingeleitet worden. Auf der V. Versammlung des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten in Württemberg im Jahre 1906 machte A. Engler - Zürich vorläufige Mitteilungen über die Ergebnisse dieser Untersuchungen, welche seit dem 1. August 1900 im Sumiswald (Kanton Bern) im Gange sind und ebenfalls den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer erforschen sollen. In zwei annähernd gleichwertigen Tälchen, von denen das eine — der Sperbergraben — zu 98 %, das andere — der Rappengraben — dagegen nur zu 31 % bewaldet ist, sind die Wasserabflußmengen ermittelt worden, und es hat sich ergeben, daß bei Niederschlagsmengen, welche den Betrag von 300 mm innerhalb 24 Stunden nicht überschreiten, die Abflußgeschwindigkeit im stark bewaldeten Gebiete um 30—50 % geringer ist als im schwachbewaldeten. Ebenso war in trockenen Zeiten — ohne extremen Charakter — die Abflußmenge aus dem stark bewaldeten Gebiete noch ungefähr doppelt so groß, wie aus dem relativ schwach bewaldeten.

Erwähnt seien ferner die von 1904—1906 im Versuchsgarten der Württemb. forstlichen Versuchsanstalt angestellten neueren Untersuchungen Bühlers über Sickerwassermengen, die u. a. ergeben haben, daß der Sandboden das meiste Sickerwasser liefert, und daß Lehm- und Tonboden erheblich hinter ihm zurückbleiben, daß ferner eine Decke von Laub und Moos die durchsickernde Wassermenge, besonders in den Sommermonaten, infolge Verringerung der Verdunstung erhöht, während eine Bestockung von Fichten oder Buchen die Sickerwassermengen, insbesondere vom April bis August, zum Teil auch bis September, in sehr erheblichem Maße vermindert.

Die Sickerwassermenge des Sandes = 100 gesetzt, stellte Bühler im Jahre 1905 für Lehm eine solche von 87 fest, für den gewachsenen Lehmboden eine solche von 76 und für den Ton eine solche von 84.

Setzt man die Sickerwassermenge des kahlen Lehms bzw. Sandes = 100, so stieg sie bei Lehm mit Laub auf 147, bei Sand mit Moos auf 134. Und setzt man endlich die Menge des kahlen Lehms = 100, so sank sie bei Lehm mit Fichten auf 70, bei Lehm mit Buchen auf 50, bei Lehm unter Buchenschluß auf 60 [1]).

1) Mitteilungen der Württemb. Forstl. Versuchsanstalt. Heft 1, 1906, S. 18 ff. „Untersuchungen über Sickerwassermengen 1904—1906".



Schließlich sei noch mit einigen Worten auf die Vorschläge und Forderungen C. E. Ney's in seinem neuesten wasserwirtschaftlichen Werke [1]) — einer Frucht jahrzehntelanger Arbeit — hingewiesen, das er selbst als ein Wort der Mahnung an das deutsche Volk bezeichnet. Er vertritt hier die Ansicht, daß es Sache der Gesamtheit sei, wasserwirtschaftlich genügende Zustände auf allen „wasserwirtschaftlich wirksamen" Grundstücken herzustellen. Nicht nur jede Verschlechterung des wasserwirtschaftlichen Zustandes dieser Grundstücke sei zu verhindern, sondern auch jede notwendige und ausführbare Verbesserung, event. auf Kosten der Gesamtheit, auszuführen. Zu diesen Grundstücken seien alle diejenigen zu rechnen, deren wasserwirtschaftlicher Zustand in ihrer Gesamtheit die Entstehung von Wasserschäden im weiteren Sinne in erheblichem Grade beeinflusse. Ney stellt daher zur Erreichung jenes Zieles die Forderung auf, daß nicht nur die im Besitze des Staates befindlichen wasserwirtschaftlich wirksamen Grundstücke in einen den Aufgaben der Wasserwirtschaft voll entsprechenden Zustand gebracht und dauernd darin erhalten werden müssen, sondern daß auch durch ein deutsches Reichsgesetz, dessen Bestimmungen, wenn irgend möglich, durch internationale Vereinbarungen auf die Nachbarstaaten auszudehnen sein würden, der Gesamtheit das Recht eingeräumt und die Möglichkeit geboten wird, auch die ihr nicht gehörigen Grundstücke, deren wasserwirtschaftlicher Zustand billigen Anforderungen nicht entspricht, wenn nötig selbst gegen den Willen ihrer jetzigen Besitzer, so weit zu verbessern, als notwendig ist, um die nicht immer und nicht überall ganz vermeidbaren Wasserschäden aller Art dauernd möglichst zu vermindern. Das zu erlassende Wasserschutzgesetz müsse daher dem Staate das Recht einräumen, die in gesetzlicher Form zu „Wasserschutzflächen" erklärten Grundstücke auf dem Wege der Enteignung zu erwerben, wenn ihr Eigentümer sich nicht bereit finden lasse, die für nötig erachteten Maßnahmen zur Verbesserung ihres wasserwirtschaftlichen Zustandes selbst zu treffen oder ihre Ausführung durch den Staat zu dulden. Im letzteren Falle seien die Grundeigentümer für die ihnen durch die Wasserschutz-Maßnahmen etwa erwachsenen Nachteile in vollem Maße zu entschädigen.

### 3. Bedeutung des Waldes als mechanisches Hindernis für die Befestigung des Bodens und der Schneedecke sowie für die Abschwächung der Winde.

§ 26. In innigem Zusammenhange mit dem soeben über die Regulierung der Gewässer Gesagten steht die Bindung des durch Verwitterung der Gesteine sich bildenden Bodens durch den Wald, nur sind es hier nicht die meteorologischen Faktoren der Temperatur und Feuchtigkeit, sondern in der Hauptsache rein mechanische Ursachen, auf denen seine Wirkung beruht.

Nachdem im vorhergehenden Abschnitte bereits nachgewiesen wurde, welch' große Niederschlagsmengen in den Hochlagen der Gebirge zu Boden gelangen — in den Zentralalpen 1600—2000 mm pro Jahr — ja 100—130 mm an einem Tage —, ist es leicht erklärlich, daß diese Flüssigkeitsmengen eine große lebendige Kraft erreichen, wenn sie ohne ein Hindernis zu finden auf kahlem Felsgestein wie auf einem Dache abstürzen. Bei einem Fallraum von oft Hunderten, ja Tausenden von Metern kommen die über offenen Boden abfließenden Gewässer mit außerordentlicher Geschwindigkeit und Kraft zu Tal und greifen hierbei den lockeren

1) Die Gesetze der Wasserbewegung im Gebirge und die Aufgaben der vaterländischen Wasserwirtschaft. Neudamm 1911.



Boden oder das durch Verwitterung aufgelockerte Gestein an, indem sie sich mit Detritus und Geröll um so mehr beladen, je leichter das Gestein nach seiner geognostischen Beschaffenheit der Verwitterung und Abschlämmung unterliegt. Wie Oberforstmeister Ney [1]) auf Grund der hydrostatischen Formeln ausführlicher nachgewiesen hat, wachsen die Endgeschwindigkeiten der an Hängen gleicher Neigung abfließenden Wassermassen wie die dritten Wurzeln aus den zurückgelegten Wegelängen in der Richtung des stärksten Gefälles, ferner bei Hängen von verschiedenem Neigungswinkel wie die dritten Wurzeln aus den Tangenten dieses Winkels. Je länger daher die Hänge sich ausdehnen und je steiler sie sind, um so größere Geschwindigkeiten erreichen die abfließenden Wassermengen nach dieser Berechnung, um so stärker wird folglich die Sohle der Wasserrinnen im Gelände angegriffen, weil sich die Stoßkräfte wie die sechsten Potenzen der Geschwindigkeiten verhalten.

Direkte Messungen der oberflächlich abfließenden Wassermengen bei Regenwetter, welche auf bewaldetem und nicht bewaldetem Gelände der Vogesen angestellt wurden, ergaben das Verhältnis der Ueberschwemmungsgefahr wie 1 : 2 (Comptes rendues, Band 51, S. 1011). Vorzüglich die schieferigen Bildungen der verschiedenen geologischen Formationen, die mergel- und lehmhaltigen Schichten, namentlich aber die ehemaligen Gletscherbildungen (Moränenschutt) unterliegen dieser Auswaschung sehr stark. Solange der geschlossene, gut gepflegte Wald diese Gehänge überzieht, hält er nach ziemlich allgemein vertretener Ansicht mittelst seines dichten Wurzelnetzes das lose Erdreich und die verwitternden Gesteinsmassen fest zusammen [2]) und breitet über dem Ganzen ein dichtes Polster von Moos und Nadeln aus, deren hygroskopische Eigenschaften die Aufsaugung beträchtlicher Wassermengen gestatten; denn 1 cbm Moos vermag (nach Meitzen) 280 Liter Wasser zurückzuhalten, also 28 % [3]). Da außerdem das Kronendach des Waldes etwa

---

1) Wochenblatt „Aus dem Walde", 1898, Nr. 23 u. 24 und „Die Gesetze der Wasserbewegung im Gebirge etc." Neudamm 1911.

2) Nach Dr. F. Fankhauser („Wald- und Wildbäche", Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, 1907, S. 239) gibt diese Theorie zu schwerwiegenden Bedenken Anlaß, die wir jedoch nicht teilen können. — Gewiß kommen auch unter besonderen Verhältnissen in Beständen, namentlich in älteren, auf flachgründigem Boden mit undurchlässigem Untergrund stockenden Fichtenbeständen, veranlaßt durch das große Gewicht der Bäume, Erdabrutschungen vor, allein diese Verhältnisse bilden doch die Ausnahme.

3) Für Wassermoose hat Kautz jedoch eine Wasserhaltung von 95 % gemessen; vgl. „Waldkultur und Wasserpflege im Harze", Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1909, S. 164. — Ney berechnet in „Der Wald und die Quellen", Tübingen 1894, das Maximum der von der Streu- und Moosdecke aufzusaugenden Niederschlagsmenge zu: 1,80 mm im Fichtenbestand; 2,36 mm im Buchenbestand und 3,82 mm Regenhöhe im Kiefernbestand. — Gegenüber den zu Hochwasserkatastrophen der großen Flüsse und Ströme Anlaß gebenden Niederschlagsmengen von mitunter 100 und noch mehr mm können diese Mengen — an und für sich betrachtet — nicht in die Wagschale fallen, und so wird denn auch im allgemeinen der Einfluß des Waldes und insbesondere auch der Streudecke auf die Ueberschwemmungsgefahr als gering angesehen. Demgegenüber weist Ney darauf hin, daß die Streudecke nicht dicht gelagert sei, daß sie vielmehr große Hohlräume enthalte, die bedeutende Wassermengen zu fassen vermöchten. Das spezif. Gewicht der dürren Streu nur zu 0,5 angenommen, würde in nie auf Streu gerechten Beständen die in den Streuvorräten vorhandene feste Masse — in gleichmäßiger Ausbreitung — den Boden doch nur 2,0 mm hoch bei der Buche,
2,8 „ „ „ „ Fichte,
3,6 „ „ „ „ Kiefer
bedecken. Da nun aber in Wirklichkeit — d. h. in ihrer natürlichen Schichtung — derartige Streudecken bei der Buche und Fichte doch immerhin 80 mm, bei der Kiefer 100 mm hoch seien, so könne es nicht wunder nehmen, daß selbst an den steilsten Berghalden in einer Stunde 60 bis 70 mm Regen fallen könnten, ohne daß aus den Streudecken niemals gerechter Bestände irgend ein oberflächlicher Abfluß erfolge. Ney's Ansicht bezüglich des Gebirgswaldes gipfelt daher in folgenden Sätzen:

„Mit einer vollständigen Streudecke versehene Waldbestände verhalten sich auch bei den



25 % der Niederschläge wenigstens für einige Zeit aufhält und deren Abfluß verzögert, so ist die Folge eine durch tausend kleine Hindernisse verursachte Abschwächung der Geschwindigkeit und mechanischen Gewalt des abfließenden Regen- und Schneewassers. Es verteilt sich daher die gleiche Wassermenge im Gebirgswalde in eine große Zahl kleiner Wasseradern, welche, wenn sie nebenan auf kahlem Gelände fiele, sich schnell zu reißenden Wildwassern vereinigen würde. Die Wurzeln, Stöcke und Stämme bilden wiederum ebensoviele Stützen für die Streu und den Boden, so daß auch bei starken Regengüssen nur ein allmähliches Ansteigen der Gewässer und der Abfluß reinen Wassers erfolgt. Sind aber durch kahlen Abtrieb der Stämme größere Flächen der Gehänge bloßgelegt, so fällt der Zusammenhalt der Verwitterungsprodukte, der Feinerde und Gesteinstrümmer, hinweg, es fehlt auch jedes Hindernis für die Abschwächung der Geschwindigkeit des Wassers, und so folgt der seines Zusammenhangs beraubte Boden, aufgewühlt und zu einem lavaähnlichen Brei aufgelöst, als „Muhr" den zu Tal stürzenden Wassermassen. In allen entwaldeten Gebirgsländern sind daher die Wildbäche eine ständige Gefahr für die ganze Gegend. Wildbäche sind nämlich nicht, wie man aus dem Namen schließen könnte, Gewässer von bestimmtem Laufe, sondern es sind trockene Rinnen, zuweilen Schluchten von kurzem, aber steilem Verlaufe, welche nur zeitweise bei größeren Regengüssen oder beim Schneeabgang Wasser führen; diese periodischen Güsse wühlen aber in den Sammelbecken das Erdreich und das lose Gestein auf und führen es mit großer Kraft talwärts, wobei häufig Unterwaschungen und Abrutschungen ganzer Gehänge (Abplaickungen) stattfinden und Erdstürze veranlaßt werden. Diese Massen von Geschiebe und Geröllе lagern sich dann nach einem längeren oder kürzeren Laufe in dem sog. „Abflußkanale" am Ausgang der Rinnen in den flachen Tälern ab, wo sich infolge der Verlangsamung der Geschwindigkeit alle schwereren Bestandteile des Detritus in Form sog. „Schuttkegel" anhäufen. Wie erheblich die hier in Betracht kommenden Geröllmassen sind, ergibt sich aus einer Berechnung von Demontzey, wonach bei einem einzigen Muhrgang 169 000 cbm feste Masse mit 65 000 cbm Wasser zu Tal kamen. Außer den eigentlichen Wildbächen durchfurchen aber zahlreiche kleinere Risse und „Runsen" das kahle Gebirgsgelände, welche häufig die Anfänge oder die obersten Verzweigungen der Wildbäche bilden, so daß der Anblick einer von zahlreichen Wildbächen durchwühlten Gebirgslandschaft ein grauenhaftes Bild der Verödung darbietet. Abgesehen von der vollständigen Unfruchtbarkeit der Gehänge selbst, besteht der Schaden dieser durch die fortschreitenden Entwaldungen immer größere Dimensionen annehmenden Alpenplage in der Ueberschüttung der fruchtbaren, oft hochkultivierten Talgründe mit ihren Dörfern und Gehöften, in der Zerstörung der Gebäude und Brücken und in der ständigen Ueberschwemmungsgefahr, welche aus der Verstopfung und Versandung der regelmäßigen Flußbette hervorgeht. Höchst malerisch schildert Blanqui den Anblick der in Tätigkeit getretenen Wildbäche folgendermaßen:

„Keine menschliche Zunge vermöchte ein recht anschauliches Bild von ihren Verwüstungen im Augenblicke jener plötzlichen Anschwellungen zu geben. Das sind keine überfließenden Bäche mehr, sondern wahre Seen, die in Wasserfällen dahinrollen und Steinmassen vor sich hertreiben, welche durch die Fluten dahingejagt werden. Zuweilen kommen solche Kieselsteinmauern allein heran ohne Begleitung eines sichtbaren Wasserfalles, dann ist ihr Getöse stärker als Donnergekrach. Ein heftiger Wind zieht ihnen voran und verkündet ihr

---

stärksten Neigungen gegen den seitlichen Wasserabfluß wie vollkommen ebene Flächen und liefern den Quellen auch an Steilhängen ebenso viel Wasser, wie in ebener Lage und wesentlich mehr, als sie ihnen in jedem anderen Zustande liefern würden . . . ."

„Die Streudecke des Waldes und nicht der Wald selber ist der eigentliche Quellenspender des bewaldeten Gebirges." (Vgl. Forstwiss. Centralblatt, 1901, S. 440 ff.)



Nahen, sodann sieht man schlammige Wassermengen, und nach Verlauf einiger Stunden ist alles in die düstere Stille zurückgekehrt, die über diesen Orten schwebt."

Gegenüber dieser ständigen Gefahr, welche namentlich in den Alpen der Provence seit den großartigen Entwaldungen infolge der Revolution von 1789 gewaltige Dimensionen angenommen hatte, ergriff zuerst der Staat und in dessen Auftrag die französische Forstverwaltung umfassende Maßregeln, welche das Uebel durch das seiner Ursache entgegengesetzte Mittel, die Wiederbewaldung der Gebirge, bekämpften, womit sich jedoch zugleich alle Hilfsmittel der Hydrotechnik vereinigten, um eine Beruhigung und Unschädlichmachung der Wildbäche herbeizuführen. Als eine theoretische Vorarbeit ist die Studie von Surell[1]) über die Wildbäche der Hochalpen von Bedeutung gewesen, da hierin mit großem Nachdruck die Entwaldung als die Hauptursache der Wildbach-Beschädigungen, dagegen die Wiederbewaldung als ein zuverlässiges Mittel zur Beseitigung dieser Gefahren klargestellt wurde. Zunächst wurde durch die Gesetze vom 28. Juli 1860 und vom 8. Juni 1864 die Verbesserung des Laufes der Gewässer durch Wiederbewaldung und die Wiederherstellung der Ertragsfähigkeit des Bodens sowie die Verbauung der Wildbäche als ein Gegenstand der öffentlichen Wohlfahrt erklärt und in die Hände der Regierung gelegt. Zur Ausführung geben diese Gesetze zwei Wege an, nämlich 1. den fakultativen der staatlichen Unterstützung von Aufforstungs-Arbeiten, welche Gemeinden freiwillig unternehmen, dann 2. die zwangsweise Wiederbewaldung mittelst zeitweiser Enteignung, wobei den Eigentümern die Möglichkeit gelassen ist, die aufgeforsteten Flächen durch Rückersatz der Kosten oder Ablassung der halben Fläche an den Staat wieder zurückzuerwerben.

Die Ausführung der in diesen Gesetzen vorgesehenen Arbeiten fand seitens der französischen Forstverwaltung in großartigem Maßstabe statt, wobei außer den eigentlichen Aufforstungen namentlich sehr bedeutende Wildbachverbauungen und Uferversicherungen zur Ausführung kamen, deren technische Einzelheiten von seinem geistigen Urheber, dem hochverdienten Oberforstmeister P. Demontzey, in seinem interessanten Werke „Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes" [2]) ausführlich geschildert worden ist. Es ist hier nicht der Platz, die Technik der Wiederbewaldung zu beleuchten, dagegen mögen einige Angaben über den Umfang und über die Wirkungen hier ihre Stelle finden: Vom Jahre 1861 bis Ende 1877 war eine Fläche von 94 532 ha Gebirgsland aufgeforstet bzw. neu berast worden; diese Arbeiten samt den Talsperren, Wasser- und Uferbauten erforderten etwa 14¼ Millionen Frcs. Die günstigen Erfolge, welche diese Arbeiten in der tatsächlichen Bändigung der Wildbäche fanden, ermutigten zu ihrer weiteren Ausdehnung, so daß schon im Jahre 1878 der Minister für Handel und Ackerbau einen Plan entwickeln konnte, wonach innerhalb der nächsten 60—80 Jahre weitere 768 000 ha Gebirgsödungen in 21 Departements der Alpen, Pyrenäen und Cevennen mit einem mutmaßlichen Aufwand von 150 Millionen Frcs. allmählich wieder bewaldet bzw. wieder berast werden sollten, ungerechnet 72 Millionen Frcs. für Grunderwerbungen. Bis Ende 1885 waren bereits an 600 Wildbächen ca. 100 000 Hektare mit beiläufig 150 Millionen Frcs. Kosten fertiggestellt, welche während verschiedener Hochwasser Gelegenheit hatten, sich bestens zu bewähren.

Der Stand zu Anfang des XX. Jahrhunderts war folgender: Da sich die Enteignung von Grund und Boden im Verlaufe der Zeit als zu drakonisch erwiesen hatte,

1) Surell „Etude sur les torrents des Hautes-Alpes". 1841.
2) Paris bei J. Rothschild erschienen und von Prof. Dr. A. v. Seckendorff übersetzt und in Wien 1880 von Gerold S. verlegt.

wurde unter dem 4. April 1882 ein neues Gesetz erlassen, welches gleichfalls die Beruhigung der bestehenden Wildbäche und die Verhinderung der Entstehung neuer zum Ziele hat. Der für diesen Zweck der Staatsverwaltung zur Verfügung gestellte Kredit betrug rund 62½ Millionen Frcs., wovon 24½ Millionen auf Grunderwerbung, 38 Millionen auf Verbauungen und Aufforstungen entfielen. Die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten waren die vollständige Beruhigung von 162 Gießbächen, während von den im Jahre 1893 bekannten 1462 Wildbächen die Verbauung, in Verbindung mit Aufforstungsarbeiten, von 654 in Angriff genommen war. Außerdem waren etwa 170 000 ha aufgeforstet, von welchen auf Staatswaldungen 98 500 ha, auf Gemeindewälder 41 500, auf Privatwaldungen 28 900 ha entfielen. Speziell die beiden letztgenannten Kategorien (Gemeinde- und Privatwälder) wendeten für ihre Verbauungs- und Aufforstungsarbeiten 9¾ Millionen Frcs. auf, zu welchen der Staat 49 Prozent, die Departements 17 Prozent beisteuerten. Von 1894 bis 1899 hat der Staat allein in Wildbachgebieten 54 000 ha Gelände angekauft, und es werden seitdem jährlich etwa 10 000—12 000 weitere Hektar dazu erworben. Im ganzen waren bis zum 1. Januar 1903 erworben 181 957 ha, während noch 181 206 ha anzukaufen blieben. Die vom Staate aufgewendeten Kosten der Wildbachkorrektion beliefen sich im Jahre 1903 auf 75,1 Mill. Frcs. Noch auszugeben bleiben hierfür 87,1 Millionen Frcs. Die Fläche der durch Wildbäche (torrents) bedrohten Gebiete Frankreichs wird trotz alledem heute auf noch 315 000 ha veranschlagt [1]).

Auf Grund der günstigen Erfahrungen über den Erfolg der bisherigen Arbeiten ist ein weitausschauender Plan für die künftige Verbauung von etwa 3000 Wildbächen der Alpen, Pyrenäen, Cevennen, Ardennen und des Zentral-Plateaus aufgestellt worden, nach welchem etwa 200 Millionen Frcs. erforderlich sein werden, hiervon allein 70 Millionen Francs für Aufforstungsarbeiten. Die Zentennar-Ausstellung in Paris hat eine glänzende Darstellung der großartigen Arbeiten von Wildbachverbauungen durch die französische Forstverwaltung geliefert und gezeigt, daß diese in mustergültiger Weise auf diesem Gebiete kultureller Bestrebungen vorangeht. Man hofft, daß das geplante Werk bis zum Jahre 1945 vollendet werden könne, also ungefähr 85 Jahre nach seinem Beginn.

Inzwischen (1910) hat eine abermalige Ueberschwemmung der Seine und ihrer Nebenflüsse gewaltige Schäden verursacht, und da die Ansichten des Generalforstdirektors und anderer Sachverständiger sich diametral gegenüberstanden, wurde eine besondere Kommission eingesetzt, die zur Vorbeugung weiterer Hochwasserkatastrophen die Ausführung bautechnischer Arbeiten im Betrage von 22 Mill. Frcs. und von Aufforstungsarbeiten im Kostenbetrage von 422 Mill. Frcs. für erforderlich hält [2]).

Auch in Oesterreich wendet man nach den großen Ueberflutungen in Tirol und Kärnten im Jahre 1882, welche ebenfalls die verheerenden Wirkungen vieler Wildbäche gezeigt hatten, den Wildbachverbauungen und Wiederaufforstungen gesteigerte Aufmerksamkeit zu. Nach einem vom k. k. Oberforstrat Salzer im österreichischen Forstkongreß gehaltenen Referat zählt man in Tirol südlich vom Brenner 522 Wildbäche, welche einer rationellen Verbauung bedürfen, nämlich 171 im Pustertal, 91 im Eisack- und Etschgebiete, 106 im Bezirk Trient und

1) Nach G. Huffel „Economie forestière", II. Edition, Tome I., première partie, Paris 1910. S. 132, 143 u. 157.

2) Lucien Chancerel „Actualités de la science des forêts". L'année forestière 1910, Paris et Nancy, 1911. Nach dem Referate in der Allgemeinen Forst- und Jagd-Zeitung, 1912, S. 54.



154 in anderen Teilen Südtirols, wobei ganz Nordtirol und die Gegend von Meran gar nicht mitgerechnet sind.

In Kärnten zählt man 183 größere und kleinere Wildbäche, darunter die größten und gefährlichsten im Mölltale [1]). Gegenwärtig sind in vielen dieser Gegenden Arbeiten im Gange; nach Wang waren bis Ende 1889 in Tirol bereits verbaut ungefähr 198 und zur Verbauung vorgesehen etwa 33 Wildbäche, in Salzburg 6 bzw. 9. Außerdem zählt man in Oberösterreich, in Steiermark, Dalmatien und in den Karpathenländern Wildbäche von nicht unbedeutender Zahl, insgesamt in Oesterreich ungefähr 800. Nähere Einzelheiten hierüber enthält das Werk von Prof. Dr. A. von Seckendorf „Zur Geschichte der Wildbachverbauung in Oesterreich", Wien 1886, sowie Ferd. Wang's „Fortschritt und Erfolg auf dem Gebiete der Wildbachverbauung", Wien 1890 und sein „Grundriß der Wildbachverbauung", Leipzig 1903. Auch in Italien werden dringende Aufforderungen an die Regierung gerichtet, die Wiederbewaldung des Apennin und der Südabhänge der Alpen in Angriff zu nehmen, da der Po jährlich dreimal mehr Land abreißen soll, als dies im vorigen Jahrhundert der Fall war [2]). Im Dezember 1882 wurde infolgedessen ein Gesetzentwurf der Kammer der Deputierten vorgelegt, wonach im ganzen allmählich 3876 qkm Oedflächen aufgeforstet werden sollten, die Kosten waren pro qkm (= 100 ha) auf 8400 M. für einmalige Auslagen und 993 M. für ständige Unterhaltung geschätzt, so daß für Italiens Wiederbewaldung über 32½ Millionen M. in Ansatz zu bringen sein dürften. Allerdings scheint dem Willen zur Aufforstung dieser ausgedehnten Oedflächen die Tat bis jetzt noch nicht gefolgt zu sein, denn im „Jahresbericht über die Fortschritte, Veröffentlichungen und wichtigeren Ereignisse im Gebiete des Forst-, Jagd- und Fischereiwesens für das Jahr 1910" [3]) schreibt Professor Perona-Vallombrosa, daß das italienische Forstgesetz vom 20. Juni 1877 infolge seiner übertrieben liberalen Grundsätze für den Wald und die Forstwirtschaft unermeßliche Nachteile im Gefolge gehabt habe. Die Waldverwüstung nehme von Tag zu Tag an Ausdehnung und Intensität zu, weil das Forstgesetz dem Walde nur den Nutzen der Bodenbefestigung zugeschrieben, jeden anderen mittelbaren Nutzen des Waldes aber in Abrede gestellt und außerdem die große ökonomische Bedeutung des Waldes, d. h. seinen direkten Nutzen, gänzlich außer acht gelassen habe. Infolge dieser Tendenz des Gesetzes seien nicht nur über 2 Millionen ha Wald vom Forstbanne befreit worden und inzwischen zum größten Teile verschwunden, sondern das Gesetz habe nicht einmal vermocht, die wenigen noch stehen gebliebenen Waldungen vor der indirekten Verwüstung zu schützen. Einerseits hätten also die wenigen im Jahre 1877 noch vorhandenen Wälder infolge der Unzweckmäßigkeit des Forstgesetzes immer mehr abgenommen, andererseits hätten

---

1) Im oberen Drautale ist der Möderitschgraben der bedeutendste Wildbach unter vier anderen. Durch Berechnungen aus den aufgenommenen Nivellements wurde festgestellt, daß dieser eine Wildbach in den Jahren 1882 und 1883 ca. 58 000 cbm Schutt zu Tal befördert habe — eine Katastrophe, welche vorwiegend durch einen Kahlhieb auf einer trichterförmigen Mulde im Gehänge verursacht wurde. Die geologische Grundlage ist daselbst Gletscherschutt, welcher außerordentlich leicht abschlämmbar ist, sobald das Regenwasser unmittelbaren Zutritt zum Boden hat; wird daher durch unvorsichtige Abschwendung des Waldes und Entfernung des Wurzelgeflechtes samt der Streu der Mineralboden bloßgelegt, so bilden sich bei jedem stärkeren Regengusse tiefe Rinnsale und Unterspülungen der Seitenwände. Der Möderitschgraben hat eine Länge von 450 m bei einem durchschnittlichen Gefälle von 40% und verläuft fast durchaus zwischen abrutschendem Gelände.

Im kärntnerischen Mölltale ist der Klaus-Kofel der gefürchtetste Wildbach, welcher früher bei dem geringsten Anlasse eine zerstörende Tätigkeit entfaltete.

2) K. Eheberg „Agrarische Zustände Italiens". Leipzig 1886. Duncker und Humblot.

3) Frankfurt a. M. 1911, bei J. D. Sauerländer.

aber die Privatgrundbesitzer mit wenigen Ausnahmen, trotz vieler zugesagten Vergünstigungen, an die Aufforstung nicht gedacht. Und so sei als unausbleiblicher Erfolg eine stetige Verschlechterung des allgemeinen Kulturzustandes des Landes eingetreten.

Durch die Initiative und Tatkraft des Ackerbauministers Luzzatti, eines ehemaligen Schülers von Preßler, scheint sich nun aber seit kurzem eine Aenderung zum Besseren zu vollziehen. Nachdem er schon seit langer Zeit in Wort und Schrift bei jeder sich bietenden Gelegenheit auf die ökonomische Bedeutung des Waldes für das ganze Land hingewiesen hatte, ist es ihm nun gelungen, ein Gesetz (vom 2. Juni 1910), betreffend Maßnahmen für die Staatsforstdomänen und zur Hebung der Forstkultur, und ein weiteres vom 13. Juli 1911, betreffend die Maßnahmen für die forstlich-wasserbauliche Regelung des Abflusses der Gebirgswässer und für die Trockenlegung der Sümpfe, durchzubringen, von deren strikter Durchführung sich endlich eine Besserung der schlimmen forstlichen Zustände Italiens erwarten läßt. Für die Befestigung des Bodens und die Aufforstung ist vorläufig im Etat des Ackerbauministeriums eine außerordentliche Ausgabe von 6 Millionen Lire vorgesehen, die auf 15 Jahre verteilt ist, und im Etat des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten eine solche von 5 Millionen Lire, auf 5 Jahre verteilt.

§ 27. Aus diesen großen Anstrengungen, welche die Staaten Europas machen müssen, um die enormen Nachteile der planlosen Entwaldung von der gefährdeten Einwohnerschaft ganzer Provinzen abzuwenden, aus diesem Kostenaufwande von hunderten von Millionen ergibt sich die Notwendigkeit, den Gebirgswald da, wo er noch vorhanden ist, als ein wichtiges öffentliches Gut zu behüten, ihn als eine Art von Nutzkapital, wie z. B. Strombauten und andere Sicherheitsvorrichtungen, zu betrachten, dessen Funktionen im Haushalt der Nationen höher veranschlagt werden müssen, als die Geldrente, welche er seinem jeweiligen Besitzer durch seinen Holzertrag liefert. Der Schutz, welchen der Hochgebirgswald dem tiefer liegenden Kulturgelände bietet, ist als seine Hauptrente zu betrachten; daher ist der Name „Schutzwald" so bezeichnend für diese Art von Waldungen. Mögen die Ansichten über die Bedeutung des Waldes hinsichtlich der Verhinderung bzw. Verminderung von Hochwasserkatastrophen geteilt sein, indem hervorragende Spezialforscher die früher meist angenommene sehr weitgehende Schutzwirkung des Waldes gegenüber größeren Ueberschwemmungsschäden bestreiten — der hier zu behandelnden Frage gegenüber besteht insofern keine Meinungsverschiedenheit, als der Bewaldung der Gebirge eine hervorragende Bedeutung als Mittel zur Befestigung des Bodens nicht wohl wird abgesprochen werden können. Der Wald vermag allerdings die fallenden Niederschläge nicht ganz zurückzuhalten, auch mag seine Fähigkeit, den Abfluß des Meteorwassers zu verzögern, begrenzt sein und verschwindend gegenüber den klimatischen Ursachen großer Hochwasserkatastrophen. Allein trotzdem hat die Fähigkeit des Waldes, den Wasserabfluß auf einen längeren Zeitraum zu verteilen, ihre große Bedeutung für das Gebirge und besonders das Hochgebirge mit seinen Wildwässern und Wildbächen, die meist die Folge sehr heftiger, wenn auch nur kurze Zeit dauernder Niederschläge sind. Und selbst für größere Wasserläufe vermag der Wald von Nutzen zu sein durch seine Fähigkeit, der Geschiebeführung vorzubeugen oder sie doch wenigstens zu vermindern. Dieser Standpunkt wurde auch auf dem VIII. internationalen land- und forstwirtschaftlichen Kongreß in Wien im Jahre 1907 von den Referenten über die Frage der „Wildbachverbauung" vertreten [1]). Bénardeau hält die Ver-

1) Bénardeau, Dr. Fankhauser und Wang „Wildbachverbauung". Referate, erstattet dem VIII. internat. Land- und Forstwirtschaftskongreß in Wien, 1907.

bauungen im und am Flußbett nur für ein provisorisches Schutzmittel, die Bewaldung allein dagegen für das dauernd wirksame. Und auch Wang, der den Wald nicht als ein Universalmittel ansieht, ist doch der Ansicht, daß er nötig sei zur Befestigung steiler Hänge und Rutschflächen, wenn auch die Arbeiten der Hydrotechnik nebenher laufen müßten.

In richtiger Erkenntnis dieser Bedeutung der Wälder als Schutzwehren gegen eine Reihe von Elementarereignissen, durch welche in Gebirgsgegenden die menschliche Kultur bedroht ist, haben daher schon im Mittelalter Bannlegungen solcher Wälder in den Hochlagen der Alpen, an steilen Lehnen und in dem zu Abrutschungen neigenden Gelände stattgefunden. In der Schweiz und Tirol waren es die Gemeinden selbst, welche die Bannlegung solcher die Gegend schützenden Wälder besorgten, ja selbst gegenwärtig dringen in den Bayerischen und Salzburger Alpen [1]) die Gemeinden im Petitionswege auf den Erlaß von Gesetzen, welche einen besseren Schutz der Gebirgswaldungen bezwecken. In anderen Gegenden geschah dies im Wege der landesherrlichen Forstordnungen, und in der Gegenwart sind es die verfassungsmäßig zustande gekommenen Gesetze, welche in einzelnen Ländern, z. B. in Bayern, die Eigenschaften derjenigen Waldungen genau angeben, die als Schutzwaldungen eine Ausnahme von der Regel der freien Bewirtschaftung des Eigentums bilden. In der Regel untersagen die Gesetze bei Strafe den kahlen Abtrieb in Schutzwaldungen (z. B. in Bayern und Württemberg), während in Oesterreich das kaiserl. Patent vom 3. Dezember 1852 bestimmt:

§ 6. „Auf Boden, der bei gänzlicher Freilegung in breiten Flächen leicht fliegend wird und in schroffer, sehr hoher Lage sollen die Wälder lediglich in schmalen Streifen oder mittelst allmählicher Durchforstung abgeholzt werden. Die Hochwälder des oberen Randes der Waldvegetation dürfen jedoch nur im Plenterbetriebe bewirtschaftet werden."

§ 7. „An den Ufern größerer Gewässer, . . . dann an Gebirgsabhängen, wo Abrutschungen zu befürchten sind, darf die Holzzucht nur mit Rücksicht auf Hintanhaltung von Bodengefährdung betrieben werden."

Für Preußen bezeichnet das Gesetz vom 6. Juli 1875 die Fälle, unter welchen ein Wald auf Antrag der Interessenten durch das Gericht als Schutzwald erklärt werden kann. Das russische Waldschongesetz vom 4. April 1888 betrachtet als Schutzwälder im engeren Sinne jene Wälder, welche zur Bindung der Dünen und Sandschollen, zum Schutze landwirtschaftlich benutzter Grundstücke und bewohnter Ortschaften, zum Schutze der Ufer gegen Abspülung, Unterwaschung und Eisbeschädigung, desgleichen der Berge gegen Abschwemmungen notwendig sind.

Für die Schweiz bezeichnet das Bundesgesetz, betr. die eidgenössische Oberaufsicht über die Forstpolizei vom 11. Oktober 1902, die Eigenschaften der Schutzwaldungen folgendermaßen:

„Schutzwaldungen sind diejenigen Waldungen, welche sich im Einzugsgebiete von Wildwassern befinden, sowie solche, welche vermöge ihrer Lage Schutz bieten gegen schädliche klimatische Einflüsse, gegen Lawinen, Stein- und Eisschläge, Erdabrutschungen, Verrüfungen, sowie gegen außerordentliche Wasserstände."

Hinsichtlich der Einzelheiten dieses Gegenstands wird auf das Gebiet der Forstpolitik verwiesen.

§ 28. Außer den im vorstehenden bezeichneten Gefahren der Bodenabschwemmung, der Ueberflutung oder des unregelmäßigen Regimes der Gewässer, sind aber noch eine Reihe von Rücksichten zu nennen, nach welchen der Wald für das öffent-

1) Im Jahre 1897 reichten 9 Landgemeinden beim Salzburger Landtage eine solche Petition ein; auch dem Bayerischen Landtage lagen schon solche Gesuche vor.



liche Wohl in Betracht zu kommen hat. In den Hochgebirgen sind es namentlich die Lawinen, gegen welche bewohnte Orte oder verkehrsreiche Straßen durch einen dauernden Gürtel von hohem Holz geschützt werden müssen. Hier ist es also vorzüglich der mechanische Widerstand der Stämme und Aeste, welcher die Entstehung der Zusammenballung oder des gleichzeitigen Hinabgleitens ausgedehnter Schneefelder bei eintretendem Tauwetter verhindern soll. Für die Anlage des Lawinenschutzwaldes ist ganz besonders die Bergkiefer (Latsche), Pinus montana, geeignet. Durch solche Kulturen ist es gelungen, in den Schweizer Alpen die obere Baumgrenze bis über 2400 m Seehöhe hinaufzurücken [1]). In Anbetracht der Gefahr rechtfertigt sich auch hier der gesetzliche Eingriff in die Freiheit des Privateigentumes, welcher in dem Verbot des kahlen Abtriebes und einigen anderen Bestimmungen ausgedrückt ist.

Aehnliche Gefahren können der Gesamtheit, wie dies schon in dem österreichischen Gesetze hervorgehoben ist, an den Flüssen durch Uferabrisse drohen, sobald die Wälder, welche mit ihren Wurzeln das Erdreich zusammenhielten, gefällt werden. Man findet deshalb an vielen Flüssen das Ufer mit Buschwaldungen innerhalb des Ueberschwemmungsgebietes bestockt, die zugleich bei Ueberschwemmung und Eisgang das angrenzende Gelände vor Zerstörung schützen. Der Schutz solcher Uferwälder gegen Unterwaschung und Einbrüche der Ufer ist besonders in Frankreich durch alte Gesetze gesichert; er wird allerdings in neuester Zeit, namentlich von den Wasserbautechnikern, mehr und mehr bestritten, so z. B. auch in der Begründung zum preußischen Gesetz vom 3. Juli 1900, betr. Maßnahmen zur Verhütung von Hochwassergefahren in der Provinz Schlesien. Hier wird im gegenteiligen Sinne ausgeführt, daß die unmittelbar am Rande der Flüsse stehenden Bäume und Sträucher die Ueberschwemmungsgefahr in den Ueberflutungsgebieten erhöhen, indem sie das Flußprofil einengen, den freien Abfluß des Wassers verhindern, schwimmende Gegenstände festhalten und aufstauen und im von der Strömung gelockerten und entwurzelten Zustande durch ihre Einwirkung auf das Ufergelände Abbrüche und Auswaschungen desselben verursachen.

In den Sandebenen des Tieflandes und an der Meeresküste verhindert der Wald die Bildung von Flugsand, teils durch die Erhaltung von Humus und Feuchtigkeit, teils durch den mechanischen Halt seiner Wurzeln, teils durch Abschwächung der Kraft der Sturmwinde. Ueberall, wo daher ausgedehntere Sandländereien vorkommen, steht ein öffentliches Interesse an der Erhaltung der sie bedeckenden Wälder auf dem Spiele, und die Gesetzgebung der Kultur-Staaten stellt solche Waldungen unter Kontrolle, so in Preußen (im § 2a des obigen Gesetzes), in Bayern, während in Ungarn nach dem Gesetz von 1878 in denjenigen Wäldern, durch deren Entfernung die Verbreitung des Flugsandes gefördert würde, die Rodung, das Stock- und Wurzelgraben, die Weide- und Streunutzung verboten ist. Von welcher Ausdehnung solche Ländereien sind, ergibt sich aus den statistischen Angaben [2]), welche für Preußen 37 448 ha, worunter 28 635 ha als für die Nachbarschaft gefährliche Sandschellen, beziffern, für Frankreich aber 130 380 ha [3]) ausmachen, wovon 102 000 ha auf die Départements der Gironde und der „Landes" entfallen, und im europäischen Rußland sind etwa 4,37 Mill. ha mit Sand bedeckt — allein im Gouvernement Astrachan gibt es über 3 Mill. ha Flug-

1) Nach dem Referat des Forstinspektors Muret-Lausanne auf dem VIII. internat. Land- und Forstwirtschaftskongreß in Wien, 1907.

2) Hagen-Donner „Die forstl. Verhältnisse Preußens". II. Bd. S. 30.

3) Huffel, a. a. O. S. 163/64.



sandflächen. Im Laufe der Jahre 1898 bis 1902 wurden über 32 000 ha Flugsandschollen aufgeforstet, an sich eine bedeutende Fläche, aber doch nur 6,4 % der gesamten Flugsandflächen (ca. 512 000 ha), die sich in denjenigen Gouvernements befinden, in welchen an der Bindung des Sandes gearbeitet wurde.

Uebrigens beschränken sich die Staaten gerade in Hinsicht auf die Sandflächen und Dünen keineswegs bloß auf Abwehrmaßregeln mittels vorbeugender Gesetze, sondern es wird in den Kulturländern als eine wichtige Aufgabe der Forstverwaltungen aufgefaßt, durch Aufforstungen der Sandschollen und Dünen die Weiterverbreitung über das anstoßende Kulturland zu verhindern — eine Gefahr, der im Regierungsbezirk Bromberg allein in den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts ca. 6000 ha unterlegen sind.

Der Schauplatz der ausgedehntesten Dünenaufforstungen war Frankreich, wo seitens des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten 45 238 ha Dünen wieder bewaldet wurden, während die Forstverwaltung seit 1862 gegen 14 700 ha Dünen aufforstete, die Privaten dagegen 16 939 ha kultivierten. So kommt es, daß die „Landes", ehemals ein unfruchtbarer Dünenlandstrich, der sich von der Mündung der Garonne bis zu jener des Adour in einer Länge von 226 km [1]) erstreckt, gegenwärtig das waldreichste Departement Frankreichs geworden sind. Die Erfolge dieser Aufforstungen waren überraschend günstige, indem sowohl das Klima günstiger als auch infolge des Austrocknens der sumpfigen Strecken mit Ortstein-Untergrund der Boden wieder ertragsfähig gemacht wurde, so daß sich die Gesundheitsverhältnisse der Einwohner ganz erheblich besserten.

§ 29. Aber selbst da, wo keine unmittelbaren Gefährdungen der Nachbarschaft zu befürchten sind, ist die Erhaltung des Waldes auf allen absoluten Waldböden eine höchst notwendige Maßregel und im Interesse der Gesamtheit dringend zu wünschen. Schon in der Einleitung haben wir die Grenzen betrachtet, bis zu welchen hinsichtlich der Horizontalverbreitung (geographische Breite) sowie der vertikalen Erhebung der Wald noch gedeihen kann. Zwischen der Baumgrenze und dem landwirtschaftlich benutzbaren Gelände liegt aber eine breite Region bzw. Zone, wo der Wald die alleinige Vegetationsform ist, die noch Erzeugnisse liefern kann; ebenso zieht die Steilheit des Geländes, die zu große Durchlässigkeit des Bodens etc. auch außerhalb der Gebirge gewisse Grenzen, die der landwirtschaftliche Betrieb nicht zu überschreiten vermag, und wo eine Düngung und Bearbeitung nicht rentiert, oder wo die Schafweide sich nicht lohnt. Wird auf solchen Flächen der Wald vernichtet, so sind ertragslose Oedflächen das Ergebnis — Flächen, die für die menschlichen Bedürfnisse oft gar keinen Ertrag liefern und nur aus Bergheiden, Steppen, Pusten oder Sandflächen bestehen. Das Bestreben, solche Oedländereien aufzuforsten, ist schon sehr alt, denn wir finden diesbezügliche Anordnungen 1579 in der Hohenloheschen Forstordnung, 1756 in der schlesischen Forstordnung und bei Noë Meurer, ferner im Oldenburgischen. Wie Fischbach erzählt, haben aber die Hofbesitzer die gute Absicht der letzteren Regierung dadurch vereitelt, daß sie zwar den gelieferten Kiefernsamen pflichtmäßig aussäten, nachdem sie ihn aber zuvor in siedendem Wasser abgetötet hatten.

Für Oesterreich z. B. gibt der neue Kataster diese Oedflächen, welche z. Z. unproduktiv sind, jedoch zur Holzzucht geeignet wären, auf über 4900 qkm, d. h. nahezu ½ Million Hektar an, darunter allein in Dalmatien 264 400 ha. Der eigentliche Karst des sog. „Küsten-

1) Im Jahre 1900 beliefen sich die Unterhaltungskosten dieser 226 km Meeresdünen auf 68 720 Frs., d. i. pro km 395 Frs. — Die Gesamtlänge der französischen Meeresdünen beträgt heute 386 km. (Huffel, a. a. O. S. 176/77.)

landes" umfaßt die politischen Bezirke von Sesana und z. T. von Görz und Gradiska, er bildet eine ca. 40 km lange und 15—20 km breite Terrasse von nur 200 bis 400 m Seehöhe, durchbrochen von einzelnen steilen Talschluchten und von zahlreichen kesselförmigen Mulden („Dolinen"). Er besteht größtenteils aus Kreidebildungen, welche nach der Entwaldung leicht austrocknen und ihrer Humusdecke verlustig werden. Aehnliche Bodenverhältnisse wiederholen sich aber vielfach in der Halbinsel Istrien, im Gebiete von Triest und schließlich auch in Krain. Die Flächengröße der Weiden, Wälder und unproduktiven Gründe im Aufforstungsgebiete von Triest, Görz-Gradiska und Istrien zusammen beträgt 276 882 ha. Bis Ende 1899 wurden von der Aufforstungskommission für den Karst an Gesamtkosten 828 200 Kronen verausgabt, wovon insbesondere auf Forstkulturen ca. 420 000 Kronen treffen, womit die Anpflanzung von 60 Millionen Pflanzen und die Ansaat mit 4570 kg Samen geleistet wurde. — Ausführlichere Angaben über „die Karstbewaldung im österreich-illyrischen Küstenlande" nach dem Stande von 1899 hat der k. k. Forstrat J. Pucich in Triest in einer unter diesem Titel daselbst erschienenen Monographie dargestellt, in welcher auch die Verdienste der in diesen Aufforstungen tätigen Forstwirte (Salzer, Herm. von Guttenberg, Rossipal etc.) gewürdigt sind. Ueber die Karstaufforstung in Krain ist ebenfalls eine amtliche Schrift herausgegeben worden, die den Teilnehmern des VIII. internationalen Land- und Forstwirtschaftskongresses in Wien im Jahre 1907 gleichwie die vorgenannte Schrift überreicht wurde [1]). Amtlich angeordnet wurde in Oesterreich in den Jahren 1878—80 die Aufforstung von

140,7 qkm in den Alpenländern
25,4 „ im Küstenland und Dalmatien
60,5 „ in den Sudetenländern
82,6 „ in den Karpathenländern.

In den Ländern Cisleithaniens wurden allein in den 4 Jahren 1891—95 amtlich die Aufforstungen von 51 376 ha Schlägen und Oedflächen angeordnet, ferner forstpolizeiliche Vorkehrungen gegen Waldverwüstung auf 406 030 ha getroffen. In Krain, Görz-Gradiska, Triest und Istrien allein wurden bis zum Jahre 1897 auf Grund der Aufforstungsgesetze 5526 ha aufgeforstet.

Für Ungarn gibt Bedö [2]) die unproduktiven Flächen auf 396 qkm an, wovon 285 qkm auf das eigentliche Ungarn, 111 qkm auf Kroatien und Slavonien entfallen.

Das aufforstungsfähige Waldödland Italiens wird von Professor Perona-Vallombrosa [3]) auf mindestens 4 Mill. ha geschätzt. Von 1867—1905 sind rund 100 000 ha aufgeforstet worden. Bei gleichem Fortschreiten der Aufforstungstätigkeit würde Italien zur Aufforstung nur des amtlich erklärten Waldödlandes mehr als zwei Jahrhunderte brauchen.

| In Frankreich [4]) waren allein | in den Staatsforsten | in den Gemeindewäldern |
|---|---|---|
| Oedflächen, die einen Ertrag abwerfen | 147 qkm | 58 qkm |
| „ „ einer Aufforstung fähig sind | 409 „ | 533 „ |
| „ „ „ „ nicht „ „ | 753 „ | 434 „ |
| im ganzen | 1309 qkm | 1025 qkm |

also ohne Einrechnung der Privatgründe: 2334 qkm Oedland.

1) Das Karstland von Triest, Istrien und Krain wird dort zu 1,3 Mill. ha, der Dalmatiner Karst zu 1,1 Mill. ha angegeben.

2) Bedö „Beschreibung der Wälder des ungarischen Staates". Budapest 1885. III. Bd., S. 13.

3) „Oedlandaufforstungen. Mittel zu ihrer Förderung." Referat, erstattet dem VIII. internat. Land- und Forstwirtschaftskongreß in Wien, 1907.

4) Nach der Statistique forestière. Paris 1878. Impr. nationale.

Die Gegend von Toulouse weist allein 542 qkm, Korsika 136 qkm Oedflächen auf, während man für ganz Frankreich diese Flächen auf 26 500 qkm schätzt, freilich einschl. der Hochgebirge und der öffentlichen Verbindungswege, also = 4,9 % der Landesfläche. Huffel gibt (a. a. O. S. 399) die nicht kultivierte Fläche Frankreichs nach den Erhebungen von 1892 sogar zu 11,8 % der Landesfläche an; außerdem schätzt er die unproduktive Waldfläche des Staates auf 263 000 ha = 23 % der gesamten Staatswaldfläche und diejenige der dem régime forestier unterstellten Kommunalwaldungen etc. auf 89 900 ha = 4,6 % dieser Kategorie von Waldungen.

Viel höhere Prozentanteile des ertragslosen Geländes weist Großbritannien einschl. Irland auf, wo 11,1 % der Landesfläche [1]), Griechenland, wo 15,2 % Oedland sein soll, während hingegen im Deutschen Reiche nur 3,9 % darunter zu rechnen sind, was offenbar nur der daselbst seit Jahrhunderten konsequent durchgeführten Pflege der Wälder zuzuschreiben ist. Immerhin besitzt aber doch Preußen über 3 Millionen ha geringere Weiden und Hutungen sowie Oed- und Unland, wovon rund 545 000 = 6,6 % der jetzigen Waldfläche Preußens aufforstungsfähig sind [2]).

1) Großbritannien und Irland besitzen rund 9 Mill. Acres = 3,6 Mill. ha, die gegenwärtig eine Rente von 1 bis 12 sh pro Acre einbringen, und deren Erträge durch Aufforstung bedeutend erhöht werden könnten. Bei einer jährlichen Aufforstungsfläche von 150 000 Acres = rund 60 000 ha, die von der zur Untersuchung der Aufforstungsfrage im Jahre 1906 eingesetzten Kommission vorgeschlagen wurde, würde ein jährlicher Kostenaufwand von 2 Mill. £ erforderlich sein. Der Staat soll den großzügigen Aufforstungsplan, der in einer Denkschrift oder einem „Blaubuch über Aufforstung" (second report on afforestation) eingehend entwickelt ist, zur Ausführung bringen. Die Kosten des Ankaufs der absoluten Waldbodenflächen werden, einschl. Entschädigung der Pächter und Wert des etwa aufstehenden Holzes, pro ha zu 325 Mk. veranschlagt; für den gleichen Betrag soll die Aufforstung selbst ausgeführt werden. Die Aufforstungsfrage ist in Großbritannien mit der Arbeitslosenfrage verquickt worden: durch die Begründung eines englischen Staatswaldes und gleichzeitige Besiedelung mit Arbeitern soll der Arbeitsnot begegnet werden; aus diesem Grunde ist auch das sehr rasche Tempo der Aufforstung vorgeschlagen worden. (H. Walter „Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Forstkultur für England". Forstw. Centralblatt 1911, S. 280.)

2) Nach den Erhebungen über die Bodenbenutzung vom Jahre 1900 (Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, 1902 III., S. 146, 147 u. 180) besitzt:

| | Das Deutsche Reich | | Preußen | |
|---|---|---|---|---|
| | ha | In Prozenten d. Landesfl. | ha | In Prozenten d. Landesfl. |
| Oed- und Unland (einschl. der reinen Heideländereien etc.) | 2 102 490 | 3,89 | 1 595 388 | 4,57 |
| Davon zur Aufforstung geeignet | *350 814* | | *315 521* | |
| Geringere Weiden und Hutungen | 1 911 574 | 3,54 | 1 448 081 | 4,15 |
| Davon zur Aufforstung geeignet | *282 489* | | *229 433* | |
| Oedland u. geringe Weiden zusammen | 4 014 064 | 7,43 | 3 043 469 | 8,72 |
| Davon zur Aufforstung geeignet | *633 303* = 4,5% der Waldfl. des Deutsch. Reiches | | *544 954* = 6,6% der preuß. Waldfläche | |

Die Provinz Hannover hatte im Jahre 1900 813 560 ha Oed- und Unland (21,1% der Landesfläche), ferner 327 502 ha geringwertige Weiden und Hutungen (8,5% der Landesfläche). Für die Aufforstung kommen hiervon in Betracht: etwa 210 644 ha. — Quaet-Faslem gibt als Korreferent für das auf der IV. Hauptversammlung des Deutschen Forstvereins zu Kiel im Jahre 1903 behandelte Thema „Erfahrungen über die Oedlandaufforstungen im Heidegebiet Nordwestdeutschlands" nach der „neuesten Statistik von 1900" an: über 800 000 ha Oedland, ferner reichlich 500 000 ha geringwertige Weiden, die auch zweckmäßig einer anderen Bodenbenutzungsart zugeführt würden, als es jetzt der Fall sei. Die Aufforstung soll hiernach für etwa 300 000 ha in Frage kommen. (Vgl. Versammlungsbericht, Berlin 1904, S. 112.)

Die Provinz Schleswig-Holstein besaß nach den Erhebungen aus dem Jahre 1900: 117 902 ha Oed- und Unland = 6,2% der Landesfläche; außerdem 95 709 ha geringere Weiden und Hutungen = 5,0% der Landesfläche. Als aufforstungsfähig kommen hiervon in Betracht: 21 531 + 9342 = 30 873 ha. — Der Berichterstatter für das vorgenannte Thema, Reg.- u. Forstrat Otto-Schleswig, gibt demgegenüber an, daß nach einer von der Regierung in Schles-

Dauernden Schaden von schwer zu berechnender Höhe hat Italien durch die ausgedehnten Entwaldungen erfahren, welche in dem langen Verlaufe seiner geschichtlichen Entwicklung vorgekommen sind; durch Bloßlegung des humosen Bodens wurde dieser an vielen Stellen der Gebirge ausgedörrt, vom Winde verweht oder von Regengüssen hinabgespült, so daß kahle, trockene Felspartien und mit Geröll überschüttete Talgründe die Folge waren, wodurch die Ertragsfähigkeit vieler Gebiete empfindlich geschädigt, ja oft vernichtet wurde.

Mit Recht ist daher in den letzten Jahrzehnten ein förmlicher Wetteifer der einzelnen Staaten entbrannt, diese ungeheuren ertragslosen Flächen der menschlichen Bedürfnisbefriedigung dienstbar zu machen. In Preußen sind, nachdem schon 1854—61 durch die Aufforstungsarbeiten im Eifelgebiete ca. 8000 ha große Flächen in Bestand gebracht worden waren, durch ein Gesetz von 1871 jährlich über 1 Million Mark in das Ordinarium des Forstbudgets behufs Ankauf und Aufforstung von Oedgrundstücken eingesetzt worden, seit 1895 sogar 2 Millionen Mark, wodurch namentlich in den Heiden und Mooren an der Ems, Weser, in der Lüneburger Heide, sowie in Holstein alljährlich bedeutendes zur Hebung der Landeskultur geschieht. Auch im östlichen Preußen wird seit einigen Jahrzehnten eifrig an der Aufforstung der Oedländereien — meist früheres Waldland! — gearbeitet. So wurden im Verlaufe von 15—20 Jahren in der Provinz Westpreußen vom preuß. Forstfiskus rund 45 000 ha Oedland erworben, von denen bis 1906 18 585 ha aufgeforstet waren, davon 3760 ha durch Saat, 14 825 ha durch Pflanzung [1]). Die preußische Staatsforstverwaltung hat im ganzen von 1867 bis 1892 für Aufforstungszwecke angekauft: 134 633 ha um nahezu 22 ½ Millionen Mark, außerdem aber beträchtliche Aufforstungsprämien an Private gewährt und in einem Jahre (1893) an die Waldbesitzer ca. 32 Millionen Pflanzen abgegeben. Diese Bestrebungen des Staates werden außerdem unterstützt durch die Provinzialverwaltungen, Kommunen und juristischen Korporationen sowie die Großgrundbesitzer. So hat z. B. die Klosterkammer in Hannover in den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts ihr Forstgebiet um fast 6000 ha, die Provinz Hannover das ihrige innerhalb 8 Jahren um ca. 8000 ha vergrößert. In der Provinz Schleswig-Holstein sind im Zeitraume 1876 bis 1893 an Oedländereien aufgeforstet worden:

| | | |
|---|---|---|
| durch die Staatsforstverwaltung | etwa | 10 230 ha |
| „ „ Provinzialverwaltung | „ | 1590 „ |
| „ Private | „ | 5250 „ |
| zusammen also | etwa | 17 070 ha (a. a. O. S. 84). |

Der umfangreichen Aufforstungsarbeiten Frankreichs wurde schon oben gedacht, und es ist nur noch auf Rußland hinzuweisen, wo die Steppenaufforstung in den südlichen Gouvernements mit solcher Energie fortgesetzt wird, daß von 1843 bis 1888 im ganzen etwa 15 000 ha Steppenland auf Staatskosten,

wig in den Jahren 1880/81 vorgenommenen speziellen Ermittlung die Provinz Schleswig-Holstein rund 70 600 ha Weiden und 94 000 ha Acker der geringsten Klassen besaß, zusammen also 164 600 ha = 8,7 % der Landesfläche, deren Aufforstung im Landeskultur-Interesse geboten erscheine. (Vgl. Versammlungsbericht, S. 84.)

Württembergs Oedland betrug im Jahre 1900: 76 000 ha; davon waren 27 000 ha aufforstungsfähig. Seitdem hat sich die aufforstungsfähige Oedlandsfläche um 6500 ha vergrößert, während die gesamte Oedlandfläche um 2318 ha zurückgegangen ist. Die Oedlandfläche der schwäbischen Alb allein betrug 24 000 ha, davon 13 000 ha aufforstungsfähig. (Schinzinger „Die Aufforstung des Oedlandes der schwäbischen Alb". Vortrag gehalten auf der XIX. Versammlung des Württ. Forstvereins in Reutlingen, 1903.)

1) Vers.-Bericht des Deutschen Forstvereins, Berlin 1907, S. 61/62.



7000 ha auf Kosten der Gemeinden und Privaten bewaldet worden sind, deren günstige Entwicklung zu fortwährend neuen Anstrengungen anreizt.

Gerade in neuester Zeit sind aus Rußland höchst interessante Tatsachen berichtet worden [1]), welche zeigen, daß daselbst der Wassererhaltung durch Bewaldung eine große Aufmerksamkeit und auch beträchtliche Mittel zugewendet werden. Aus Anlaß des bekannten Notstandes durch die Mißernten im Jahre 1891, welcher sich auf 24 Gouvernements erstreckte, wurden kommissarische Beratungen über die auszuführenden Notstands-Arbeiten gepflogen und dabei unter anderem der Regierung empfohlen, als im allgemeinen Landesinteresse liegend zur Ausführung zu bringen: 1. Befestigung der steilen Böschungen und Talränder durch lebende Hecken, in Verbindung mit Aufforstung der Plateauränder und Gipfel. 2. Anlage von Hecken und Gebüschen in der offenen Steppe zum Aufhalten des Schnees und zur besseren landwirtschaftlichen Ausnutzung des Frühjahrs-Regenwassers. 3. Schaffung von Wasserreservoirs in den natürlichen Becken durch Eindämmung des Regen- und Schneewassers (Talsperren); Bepflanzung der Reservoirs mit Bäumen und Bewaldung der Flußufer. 4. Aufforstung aller Sandschollen und des absoluten Waldbodens. 5. Anlage von Aufforstungs-Versuchsflächen und meteorologischen Observatorien in den Steppen des Wolga-, Don- und Dnieper-Gebietes.

Ausführlichere Daten über „das europäische Oedland, seine Bedeutung und Kultur" enthält die bei J. D. Sauerländer in Frankfurt a. M. unter diesem Titel erschienene Monographie von Dr. Rich. Grieb, auf welche hiermit verwiesen wird. Es sind aber nicht bloß die vollständig zu Oedland gewordenen Flächen, die im Interesse des öffentlichen Wohles der Aufforstung zugeführt werden sollten, sondern die staatliche Fürsorge wendet sich neuerdings in vielen Ländern auch der besseren Bewirtschaftung und pfleglicheren Behandlung der kleineren Privatwälder zu. Nach der Anbau-Statistik sind in Preußen 837 636 ha Privatwaldungen, die Parzellen von weniger als 10 ha bilden und die vielfach als verwüstet zu bezeichnen sind; in Bayern sind es 584 016 ha Parzellen unter 10 ha, welche als Bestandteile von 264 245 Bauerngütern gezählt werden, während 475 560 ha Privatwaldungen zwischen 10 bis 100 ha Flächengröße besitzen [2]). Nach den Angaben des „Statistischen Jahrbuchs für das Deutsche Reich", Jahrgang 1911, S. 42, sind für das Deutsche Reich nach der Betriebszählung vom 12. Juni 1907 nachgewiesen:

| | Reine forstwirtschaftliche Betriebe: | Forstwirtschaftliche Betriebe in Verbindung mit landwirtschaftlich benutzter Fläche: |
|---|---|---|
| unter 2 ha | 6113 Betriebe | 617 724 Betriebe |
| von 2—10 ha | 5390 „ | 294 526 „ |
| „ 10—20 „ | 2326 „ | 49 526 „ . |

Sieht man als obere Flächengrenze des sog. kleinbäuerlichen Waldbesitzes für Süddeutschland 10 ha, für Norddeutschland 20 ha an, so haben wir im Deutschen Reiche annähernd mit 900 000 bis 1 000 000 bäuerlichen Waldwirtschaften und einer Fläche von etwa 2 bis 2 ½ Millionen ha zu rechnen. Die zweckmäßige Art der Bewirtschaftung, besonders der Wiederverjüngung, dieses kleinbäuerlichen Waldbesitzes

1) Lesnoj dielo. 1893.

2) Der weiteren Parzellierung der Bauerngüter soll das bayer. Güterzertrümmerungsgesetz vom 13. August 1910 vorbeugen; es will eine zweckmäßige und gesunde Mischung von Groß-, Mittel- und Kleingrundbesitz herbeiführen und erhalten und soll zu diesem Zwecke namentlich der maßlosen Uebervorteilung durch die gewerbsmäßigen Güterhändler steuern. (Vgl. Schwaab „Privatwaldwirtschaft und Güterzertrümmerung in Niederbayern". Forstw. Centralblatt, 1911, S. 442 ff.).



wird daher als ein zu erstrebendes Ziel der Verwaltungstätigkeit zu gelten haben, das sowohl durch Belehrung und Unterricht, als durch Lieferung von Pflanzen aus den staatlichen Pflanzgärten, endlich durch Bildung von Waldgenossenschaften sowie durch Beihilfe mit Rat und Tat seitens der staatlichen Forstbehörden erreicht werden kann.

Aus den Verhandlungen des VIII. internationalen Land- und Forstwirtschaftskongresses in Wien im Jahre 1907 über das Thema „Oedlandaufforstungen" ergibt sich, daß in fast allen Kulturländern Europas die Bestrebungen für eine zweckmäßige und erfolgreiche Oedlandaufforstung mit zunehmender Kraft eingesetzt haben, und es ist erfreulich, daß in unserer gewohnheitsmäßig „egoistisch" gescholtenen Zeit fast alle Staaten sich große Opfer für das Wohl einer fernen Zukunft auferlegen, daß eine Reihe von Forsttechnikern ihre ganze Energie an die Lebensaufgabe setzen, die Wohltaten des Waldes der Gesamtheit zugute kommen zu lassen und die wirtschaftlichen Sünden der vergangenen Generationen wieder nach Möglichkeit gut zu machen.

§ 30. Die Abhandlung über die Bedeutung der Wälder für das öffentliche Wohl würde unvollständig sein, wenn die so vielfach behauptete sanitäre Wirkung derselben unerwähnt bliebe. In der Tat haben sowohl in Europa als namentlich in tropischen Ländern verschiedene Fälle gezeigt, daß Gegenden, welche früher ein gesundes Klima hatten, nach der Zerstörung der Wälder von Fieberluft erfüllt wurden, so namentlich in Südkarolina und Ostindien. Umgekehrt haben mannigfache Erfahrungen gezeigt, daß schädliche endemische Sumpffieber durch Anpflanzung von Bäumen und Wäldern zum Verschwinden gebracht wurden, wie z. B. in den toskanischen Maremmen oder in den viel besprochenen Eucalyptuskulturen beim Kloster Tre Fontana in der Campagna di Roma. Ein ähnliches Beispiel teilte von Kern, Direktor des St. Petersburger Forstinstituts, mit, welches die Wirkung der im vorigen Paragraphen erwähnten Steppenaufforstungen betrifft. Die deutschen Kolonisten am Milchflusse (Molotschnaja) versichern nämlich, daß seit den Aufforstungen längs des Flußufers die vorher in dieser Gegend stets vorgekommenen eigentümlichen Fiebererscheinungen in auffälliger Weise selten geworden sind. In Deutschland soll nach Schulzen[1]) die Beobachtung wiederholt gemacht worden sein, daß die Weidenheeger eine sanitäre Einwirkung auf die Verminderung der Fieberfälle einer Gegend ausgeübt hätten. Durch die Forschungen Robert Kochs und anderer über die Uebertragung der Malaria durch Stechmücken ist der Zusammenhang zwischen Versumpfung und Fieberzunahme leichter verständlich geworden, da die Larven der Mücken sich unter dem Wasser von stehenden Tümpeln entwickeln. Im heißen Klima wirkt aber der Wald, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, durch sein Wurzelnetz im Verein mit der Transpiration austrocknend auf den Boden, also entsumpfend, wodurch den Culexarten ihre Entwicklungsbedingungen entzogen werden. Diese Frage ist namentlich im Hinblick auf die Eucalyptuskulturen von Professor Perona[2]) eingehender beleuchtet worden, der es allerdings als nicht bewiesen ansieht, daß die Ursache in einer Entwässerung des versumpften Untergrundes durch Vermittlung der Baumwurzeln und Verdunstung der Blätter, sondern mehr in der besseren Durchlüftung des Bodens und der Kanalisierung gesucht werden müsse. Daneben wurde auch von manchen die Behauptung aufgestellt, daß der durch tausendfältige Verzweigungen ineinander greifende Kronenschirm des Waldes nach Art eines sog. Luft-

1) Schulzen „Die Korbweidenkultur". Berlin 1884.
2) Allgem. Forst- und Jagdztg. Januarheft 1885.



filters auf die Reinigung der Luft von Sporen der Spaltpilze und Bakterien wirke. Prof. Dr. Ebermayer suchte auf experimentellem Wege dieser Frage näher zu treten, indem er ausgedehnte Untersuchungen des Ozongehaltes der Luft auf den Stationen des bayerischen Netzes anstellte, die allerdings einen auffallend hohen Ozongehalt bei allen Waldstationen gegenüber jenem der Städte ergaben [1]). Auch seine Messungen des Kohlensäuregehaltes [2]), sowie des Sauerstoffgehaltes [3]) der Waldluft sind hierher zu rechnen, da sie für die Frage der sanitären Bedeutung des Waldes wertvolles positives Material ergeben, auf das hier aber nur hingewiesen werden kann.

Endlich sei noch das sozialpolitische Element erwähnt, das in dem Gegensatze des freien Waldes gegen die Gebundenheit alles übrigen Eigentums liegt, und das Prof. W. H. v. Riehl als einen so mächtigen Faktor in der Entwicklung des Gefühlslebens des deutschen Volkes gefeiert hat. Die ethische und ästhetische Wirkung des Waldes auf das Volksleben, auf Geschmack und Kunstsinn ist niemals mit beredteren Worten gepriesen worden, als in seinem „Land und Leute"; jeder, der diese von edler Begeisterung getragenen Worte liest, fühlt den hohen Wert dieser Betrachtungsweise, wenn sie auch ökonomisch zu den Imponderabilien gehört.

## Die Forstwirtschaft vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus betrachtet.

### 1. Die natürlichen Produktionsfaktoren der Forstwirtschaft.

Literaturnachweis über Forstwissenschaft im allgemeinen. Moser „Grundsätze der Forstökonomie". Frankfurt u. Leipzig 1757. — Walther „Handbuch der Forstwissenschaft". Ansbach 1787. — Jeitter „Versuch eines Handbuches der Forstwissenschaft". Tübingen 1789. — Nau B. S. „Anleitung zur deutschen Forstwissenschaft". Mainz 1790. — Späth J. L. „Handbuch der Forstwissenschaft". Nürnberg 1801. — Medicus L. W. „Forsthandbuch oder Anleitung zur deutschen Forstwissenschaft". Tübingen 1802. — von Seutter „Vollständiges Handbuch der Forstwissenschaft". Ulm 1808. — Hundeshagen „Enzyklopädie der Forstwissenschaft". Tübingen 1821. — Pfeil „Grundsätze der Forstwirtschaft". Züllichau 1822. — Widenmann „System der Forstwissenschaft". Tübingen 1824. — Klein J. J. „Forsthandbuch". Frankfurt 1826. — Hartig G. L. „Die Forstwissenschaft in ihrem ganzen Umfang". Berlin, II. Aufl. 1831. — Cotta H. „Grundriß der Forstwissenschaft". Dresden 1832. — Schultze J. C. L. „Lehrbuch der Forstwissenschaft". Lüneburg 1841. — Liebich Chr. „Compendium der Forstwissenschaft". Wien 1854. — Stahl G. „Handbuch der Forstwissenschaft". Berlin 1858. — Fischbach C. „Lehrbuch der Forstwissenschaft". Stuttgart, II. Aufl. 1868. — Bernhardt „Waldwirtschaft und Waldschutz". Berlin 1869. — Heß R. „Grundriß zu Vorlesungen über Encyklopädie der Forstwissenschaft". Gießen 1873. — Döhl „Waldungen und Waldwirtschaft". Elberfeld 1876. — Roth C. „Wald und Waldbenutzung". München 1880. — Fürst, „Forst- und Jagdlexikon". Berlin 1888. II. Aufl., Berlin 1904. — v. Dombrowski „Encyklopädie d. F.- u. J.-Wissenschaft". Wien 1888. — Heß R. „Encyklopaedie und Methodologie der Forstwissenschaft". 3 Teile. I. Teil, Nördlingen 1885, II. und III. Teil, München 1890 und 1892. — Schüpfer V. „Grundriß der Forstwissenschaft für Landwirte, Waldbesitzer und Forstleute". Stuttgart 1912.

§ 31. Die Forstwirtschaft ist eine Bodenwirtschaft, wie die Landwirtschaft, der Gartenbau, der Obst- und Weinbau, d. h. sie sucht wie diese mittelst ökono-

1) Ein sicherer Beweis, daß die Waldluft allgemein mehr Ozon enthalte als die Flurluft, ist übrigens nicht erbracht. Auch wird von mancher Seite bestritten, daß das Ozon irgend welche hygienische Bedeutung besitze, und daß es insbesondere im Zusammenhang mit dem Auftreten von Epidemien stehe.

2) Dr. E. Ebermayer „Die Beschaffenheit der Waldluft und die Bedeutung der atmosphär. Kohlensäure für die Waldvegetation". Stuttgart 1885. F. Enke. Derselbe: „Hygienische Bedeutung des Waldes, begründet durch exakte Untersuchungen der Waldluft und des Waldbodens". Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, 13. Band, 5. Heft und Allg. Forst- u. Jagd-Ztg., November- u. Dezbr.-Heft 1890.

3) Derselbe: „Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt der Waldluft". Forstwiss. Centralblatt, 1886, S. 265 ff. und „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik", 9. Band, 3. Heft.



mischer Benützung der im Pflanzenleben tätigen Naturkräfte und der zur Pflanzenernährung erforderlichen Stoffe des Bodens „organische Substanz" für den Gebrauch der menschlichen Gesellschaft zu erzeugen. Diese Produktion ist aber, wie uns die Physik lehrt, im Grunde genommen nichts anderes als Umwandlung der lebendigen Kraft des Sonnenlichtes in „potentielle Energie", indem diejenigen Teile des Sonnenspektrums, welche unserem Auge als besonders hell erscheinen, in den chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen eine chemische Arbeit verrichten. Die Pflanze ist also das Mittel, um einen Teil der lebendigen Kraft der Aetherwellen des Sonnenlichtes zur Ueberwindung der chemischen Anziehungskraft zu benützen, welche zwischen den beiden Bestandteilen des Kohlensäuregases der Atmosphäre herrscht, und um Stoffe zu kombinieren, in welchen diese Spannkraft fixiert ist. Chemisch betrachtet wird dabei Kohlenstoff aus dieser Verbindung mit Sauerstoff losgelöst und in andere sauerstoffärmere organische Verbindungen eingeführt, welche sich bei dem Assimilationsprozeß in der Pflanzenzelle bilden und die wägbare verbrennliche Substanz des Pflanzenkörpers bei diesem Vegetationsvorgang vermehren. Die charakteristischen Vorgänge bei dem Assimilations-Vorgange in der chlorophyllführenden Pflanze sind daher: die Absorption von Kohlensäuregas (Kohlendioxyd) aus der Atmosphäre, dessen Zerlegung in Kohlenstoff und Sauerstoff unter Einwirkung derjenigen Aetherwellen des Sonnenlichtes, welche zwischen 0,00039 bis 0,00068 mm Wellenlänge besitzen, Aushauchung des freien Sauerstoffgases und Bildung organischer Verbindungen aus dem assimilierten Kohlenstoffe. Welcher Art diese ersten Produkte des Assimilationsprozesses sind, läßt sich bis jetzt nur hypothetisch behaupten; nach der Liebigschen Theorie würde durch fortgesetzte Desoxydationsvorgänge und Wasseraufnahme aus der Kohlensäure zunächst Oxalsäure und Ameisensäure, dann Weinsäure, Aepfelsäure und Zitronensäure entstehen, während Professor von Baeyer annimmt, daß auf einem unmittelbaren Wege die Desoxydation von wäßriger Kohlensäurelösung zu Ameisensäure-Aldehyd und weiter durch Verdichtung zu Glykose wahrscheinlicher sei — eine Hypothese, welche durch die gelungene Darstellung einer Zuckerart aus dem Ameisensäure-Aldehyd eine bedeutende Stütze erhalten hat.

Wie dem auch sei, so haben diese Stoffe für die Praxis der Pflanzenzucht nur die Bedeutung von Durchgangsgliedern einer Reihe von weiteren physiologischen Umsetzungen der einmal gebildeten organischen Materie, als deren Endglieder eine nach Pflanzenarten wechselnde Menge von Zellulose, Lignose, Stärkemehl, Zucker, Harze, Eiweißstoffe und Gummi und verschiedene andere Stoffe im Pflanzenkörper aufgespeichert werden.

Die Forstwirtschaft unterscheidet sich in dieser Hinsicht nun wesentlich dadurch von dem Ackerbau und den übrigen landwirtschaftlichen Betrieben, daß ihre Nutzpflanzen nicht jährlich Ernten liefern und daß sie in erster Linie Zellulose und deren Umwandlungsprodukte erzeugen will, während letztere vorzüglich Stärkemehl und Proteïnstoffe, zuweilen auch Zuckerarten zu produzieren strebt. Nur bei gewissen forstlichen Betrieben legt man auf Gerbstoff- oder Harzgewinnung ein größeres Gewicht als auf die Holzerzeugung.

§ 32. Wie in diesen Zielen der Produktion, so unterscheidet sich auch bezüglich der dazu führenden Wege die Forstwirtschaft in charakteristischer Weise von den landwirtschaftlichen Betrieben. Erfahrungsgemäß verläuft nämlich der oben geschilderte Assimilationsprozeß nur bei Gegenwart einer Anzahl unorganischer Stoffe, die in Form von Salzen in der assimilierenden Pflanzenzelle vorhanden sein müssen und in wäßriger Lösung durch die Wurzeln aus dem Boden

aufgenommen werden. Da diese Salze des Kaliums, Natriums, Calciums, Magnesiums, Eisens, des Phosphors, Schwefels und Siliciums sich nach der Verbrennung der Pflanzensubstanz als Asche vorfinden, so nennt man sie zusammen die Aschenbestandteile und bezeichnet sie in jener löslichen Form, wie sie im Boden vorkommen, als mineralische Pflanzennährstoffe. Während nun der Getreidebau, der Anbau von Futter- und Handelsgewächsen beträchtliche Mengen der besonders beachtenswerten Nährstoffe Phosphorsäure und Kalium zu ihrer jährlichen Produktion erfordern, ist dies bei den Waldbäumen in viel geringerem Maße der Fall, weil zur Holzerzeugung diese Stoffe erfahrungsgemäß nicht in solchen Mengen notwendig sind, als zur Bildung von Stärkemehl und Eiweißstoffen. Dazu kommt noch, daß die Waldbäume die im Boden gewöhnlich spärlicher enthaltene Phosphorsäure sowie das Kalium sozusagen höchst sparsam verwenden, indem sie diese Stoffe aus den absterbenden Blättern im Herbst in den Stamm zurückziehen und im nächsten Jahre wiederholt zu den Assimilationsvorgängen verwenden, wie sie dieselben auch im Holzkörper aus den bereits fertig gebildeten inneren Partien entfernen und den im Wachsen begriffenen peripherischen Teilen des Splintes und Kambiums zuführen. Infolgedessen bedarf ein Kartoffelfeld zu einer mittleren Ernte pro ha an Phosphorsäure 3 mal mehr als 1 ha Buchenwald, 5 mal mehr als 1 ha Fichtenwald und 9 mal mehr als 1 ha Kiefernwald zur jährlichen Produktion, während der jährliche Kalibedarf des Kartoffelfeldes von jenem des Buchen-, Fichten- und Kiefernbestandes das 9 fache, 13 fache und 17 fache ist.

Einen ziffermäßigen Ausdruck für die Mengen der einzelnen Aschenbestandteile, welche die Forstwirtschaft dem Boden durch ihre Ernten entzieht, haben zahlreiche Analysen geliefert, welche in den Laboratorien der forstlichen Versuchsanstalten und Akademien [1]) ausgeführt worden sind. Danach entzieht man dem Waldboden durch die Produktion von 1 Festmeter Holz nachstehende Mengen dieser Stoffe:

(Siehe Tabelle Seite 138.)

Diese Mengen des jährlichen Bedarfes an Aschenbestandteilen drücken das Maß der Ansprüche, welche die Forstgewächse an die Bodenfruchtbarkeit stellen, wenigstens nach dieser einen Hinsicht aus. In bezug auf das gegenseitige Verhältnis dieser Ansprüche zeigen die Zahlenreihen für Stammholz, daß wenn der Kaligehalt von 1 Festmeter Kiefernholz als Einheit gesetzt wird,

die Buche 4 —6 ½ mal mehr
„ Eiche 3¼—4 „ „
„ Tanne 2½—3½ „ „
„ Lärche 2 „ „
„ Birke 2 „ „
„ Fichte 1½—2 „ „

enthält. Ebenso übertrifft in bezug auf den Phosphorsäuregehalt jede der Holzarten das Kiefernholz, nämlich

die Buche 2¼—3 mal
„ Eiche 3 „
„ Tanne 1½—1¾ „
„ Lärche 1½ „
„ Birke 2 „
„ Fichte nur unbedeutend.

1) Darunter eine große Anzahl von R. Weber selbst.

**Ein Festmeter Holz enthält Gramm:**

| Holzart und Alter | Gesamte Reinasche | Kali | Natron | Kalk | Magnesia | Eisenoxyd | Mangan-oxydoxydul | Phosphor-säure | Schwefel-säure | Kieselsäure |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I. Im Derbholze** | | | | | | | | | | |
| Buche 50jährig . . . | 2709 | 671 | 39 | 1175 | 280 | 48 | 32 | 200 | 61 | 187 |
| „ 90 „ . . . | 3850 | 1053 | 79 | 1518 | 441 | 75 | 62 | 157 | 78 | 387 |
| „ 220 „ . . . | 4038 | 781 | 64 | 2165 | 550 | 37 | 33 | 171 | 20 | 217 |
| Trauben-Eiche 50jähr. | 5401 | 701 | 149 | 3950 | 159 | 35 | 11 | 202 | 45 | 106 |
| „ „ 345 „ | 2116 | 565 | 152 | 1175 | 57 | 24 | — | 42 | 43 | 58 |
| Birke 50jährig . . . | 1792 | 318 | 13 | 591 | 254 | 21 | 296 | 141 | 10 | 148 |
| Weißtanne 90jährig . | 1885 | 608 | 10 | 236 | 159 | 43 | 634 | 111 | 43 | 41 |
| „ 144 „ . | 1728 | 692 | 61 | 525 | 247 | 21 | — | 102 | 61 | 19 |
| „ 150 „ . | 2449 | 391 | 13 | 1742 | 103 | 20 | — | 118 | 55 | 7 |
| Fichte 100jährig . . | 1629 | 230 | 22 | 750 | 117 | 44 | 285 | 56 | 27 | 95 |
| „ 120 „ . . | 1691 | 274 | 25 | 879 | 223 | 41 | 47 | 78 | 44 | 80 |
| „ 150 „ . . | 2317 | 343 | 10 | 1733 | 80 | 22 | — | 69 | 43 | 17 |
| Lärche 45jährig . . | 1359 | 318 | 44 | 657 | 197 | 41 | — | 112 | 19 | 61 |
| Kiefer . . . . . . | 1100 | 166 | 6 | 683 | 115 | 8 | 5 | 69 | 15 | 33 |
| **II. Im Reisholze** | | | | | | | | | | |
| Buche 220jährig . . | 5875 | 1737 | 135 | 2194 | 815 | 81 | 103 | 427 | 103 | 280 |
| Trauben-Eiche 345jähr. | 11347 | 1683 | 206 | 7826 | 570 | 102 | — | 647 | 196 | 117 |
| Birke 50jährig. . . . | 3795 | 798 | 42 | 1075 | 498 | 69 | 424 | 603 | 55 | 231 |
| Weißtanne 90jährig . | 10952 | 1945 | 80 | 1211 | 848 | 564 | 3542 | 1072 | 722 | 968 |
| „ 144 „ . . | 7613 | 1725 | 164 | 2249 | 1228 | 497 | 265 | 639 | 457 | 389 |
| Fichte 100jährig . . | 10973 | 1432 | 135 | 2146 | 672 | 222 | 1046 | 956 | 379 | 3905 |
| „ 120 „ . . . | 7323 | 1392 | 114 | 2374 | 997 | 258 | 157 | 581 | 185 | 1265 |
| Kiefer . . . . . . . | 4676 | 793 | 104 | 2150 | 554 | 53 | 16 | 626 | 91 | 286 |
| **Ein Raummeter Waldstreu enthält durchschnittl. Gramm:** | | | | | | | | | | |
| Buchenlaubstreu . . | 4321 | 230 | 46 | 1910 | 282 | 119 | — | 243 | 84 | 1407 |
| Fichtennadelstreu . . | 6066 | 216 | 75 | 2716 | 311 | 125 | 28 | 286 | 94 | 2215 |
| Weißtannenstreu . . | 5072 | 352 | 71 | 3250 | 338 | 145 | 101 | 375 | 125 | 315 |
| Kiefernnadelstreu . . | 1480 | 153 | 65 | 600 | 153 | 50 | 80 | 117 | 54 | 208 |
| Moosstreu . . . . | 2602 | 640 | 119 | 460 | 211 | 153 | 69 | 401 | 139 | 410 |
| Farnkräuter trocken . | 3515 | 1252 | 142 | 431 | 213 | 57 | 266 | 287 | 122 | 715 |
| Heidekraut . . . . | 1102 | 142 | 72 | 237 | 103 | 45 | 57 | 74 | 45 | 327 |
| **Ein Hektar Wald bedarf zur Holzproduktion alljährlich Gramm:** | | | | | | | | | | |
| Buchenhochwald . . | 33600 | 7100 | 60 | 16100 | 4100 | 700 | — | 2200 | 400 | 2100 |
| dto. auf Basaltboden | 45710 | 7160 | 1450 | 22250 | 5750 | 270 | 500 | 1230 | 330 | 3740 |
| Weißtanne, Tonschiefer . . . | 34340 | 9260 | 210 | 1120 | 2810 | 1110 | 11420 | 2530 | 1300 | 1550 |
| dto. auf Granit . . | 16930 | 5630 | 510 | 5080 | 2540 | 560 | 230 | 1170 | 760 | 450 |
| Fichte, Tonschiefer . | 29010 | 4080 | 370 | 10240 | 1980 | 710 | 4180 | 1630 | 680 | 5040 |
| Kiefer auf Basalt . . | 13440 | 2090 | 170 | 7680 | 1140 | 120 | 70 | 1120 | 220 | 530 |
| dto. auf Sandboden der Mark[1]) . . | 14860 | 2850 | | 7250 | 1720 | — | — | 870 | 860 | -- |
| **Durch Streunutzung wird dem Waldboden pro Hektar jährlich entzogen Kilogramm:** | | | | | | | | | | |
| In Buchenbeständen . | 185,54 | 9,87 | 1,99 | 81,92 | 12,22 | 5,11 | — | 10,45 | 3,62 | 60,36 |
| „ Fichtenbeständen . | 135,92 | 4,82 | 1,68 | 60,94 | 6,05 | 3,12 | -- | 6,41 | 2,10 | 19,60 |
| „ Kiefernbeständen . | 16,52 | 1,54 | 2,01 | 18,57 | 4,80 | 4,07 | --- | 3,68 | 1,69 | 6,53 |

1) Nach den Untersuchungen Schützes (Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen, Bd. I. S. 500 u. Bd. III. S. 367) betrug der durchschnittliche Entzug an Mineralstoffen durch die auf norddeutschen Diluvialsandboden stockende Kiefer pro Hektar und Jahr (bei 100jähr. Umtrieb) in kg:

| Bodenertragsklasse | Phosphorsäure | Kalk | Magnesia | Kali |
|---|---|---|---|---|
| I | 1,6 | 10,2 | 1,8 | 3,1 |
| III | 1,2 | 6,7 | 1,1 | 2,5 |
| V | 1,1 | 5,1 | 1,1 | 2,2 |



In der abfallenden Streu der Buche ist zwar pro Raummeter weniger an diesen beiden Stoffen enthalten, allein in dem Anfall pro ha verhält sich die Phosphorsäuremenge des Kiefernbestandes zu jener der Fichte und Buche nahezu wie 1:2:3. Demnach drücken diese Ergebnisse in exakter Weise dasselbe aus, was die tägliche Erfahrung der Praxis über die Verschiedenheit der Anforderungen unserer Waldbäume an die Bodengüte lehrt. Wenn man aber vollends diese Zahlen mit den entsprechenden der landwirtschaftlichen Erzeugnisse [1]) vergleicht, so ergibt sich mit mathemathischer Schärfe der große Unterschied zwischen den anspruchsloseren forstlichen Gewächsen und den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Daraus folgt mit Notwendigkeit:

1. daß die Waldbäume mit gleichen Kali- und Phosphorsäuremengen eine viel größere Jahresproduktion an organischer Substanz bewirken, als die Gewächse des landwirtschaftlichen Betriebes;

2. daß ferner eine Bodenerschöpfung durch den forstlichen Betrieb nicht so leicht zu befürchten steht, sofern der Streuabfall dem Waldboden verbleibt;

3. daß ein jährlicher oder periodischer Ersatz mittelst Düngung im Forsthaushalt nicht notwendig ist, ausgenommen bei Erziehung von jungen Pflanzen im Saat- und Pflanzbeete, wegen des großen Kali- und Phosphorsäurereichtumes dieser jungen, noch zarten Pflanzenteile und wegen der geringen Verbreitung der Wurzelstränge im Boden;

4. daß ein Forstbetrieb noch auf Böden stattfinden kann, welche aus Mangel an genügendem mineralischen Nährstoffkapitale für landwirtschaftliche Zwecke unbenützbar sind oder die durch Raubbau in ihrer Fruchtbarkeit zu sehr geschwächt wurden, um noch landwirtschaftliche Ernten hervorzubringen;

5. daß die Bäume durch ihre tief gehenden Wurzeln Nährstoffe vom Untergrunde emporheben und durch das abfallende Laub den obersten Bodenschichten zuführen, diese also bereichern;

6. daß die Baumarten vor allem viel Kalk und Magnesia zu ihrem Wachstum bedürfen, und zwar oft mehr als landwirtschaftliche Nutzpflanzen.

§ 33. Ein ähnliches Verhältnis, wie soeben bezüglich des Kali- und Phosphorsäurebedarfes gezeigt wurde, waltet auch in bezug auf den Stickstoffbedarf der forstlichen Betriebe gegenüber den landwirtschaftlichen. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse zahlreicher [2]) Agrikulturchemiker nahm man bisher allgemein an, daß den Pflanzen die Fähigkeit abgehe, den freien Stickstoff der Atmosphäre zum Aufbau ihrer stickstoffhaltigen Bestandteile zu verwenden, daß sie vielmehr mit ihrem Bedarf hieran lediglich auf die Verbindungen des Ammoniaks, die salpetersauren und salpetrigsauren Salze im Boden und im Regenwasser angewiesen seien. Diese Auffassung bzw. Theorie ist zwar durch die Ergebnisse der Untersuchungen verschiedener Forscher, so u. a. namentlich von Frank, Potonié, Hellriegel, Willfarth, Winogradsky, Beyerinck, über die Beteiligung gewisser Bakterien und Mykorhizen an der Aufnahme des Stickstoffs mancher oder vielleicht auch aller Pflanzen aus der Luft, sowie in neuester Zeit durch die Versuche des Engländers Jamieson und der ungarischen Forscher Dr. Zem-

1) Dr. E. Wolff „Aschenanalysen von land- und forstwirtschaftlichen Produkten". I. Teil 1871. II. Teil 1880. Berlin, P. Parey.

2) Außer den Versuchen von Boussingault, J. v. Liebig, Gilbert und Lawes sind namentlich jene von Barral, Bobierre, Bineau, Neßler, Knop und Wolff, Fresenius, Gräger, Hünefeld, Kamp, de Porre, Ville sowie die gleichzeitig im Jahre 1866—67 an sämtlichen preußischen Versuchsanstalten vorgenommenen Untersuchungen zu nennen. In forstl. Beziehung sind die Untersuchungen von Krutzsch, Chevandier, Fliche, Grandeau und J. v. Schröder besonders wichtig.



plén und J. Roth, nach welchen die Pflanzen in ihren verschiedenartigen Trichomen (Haargebilden) Organe besitzen sollen, mit welchen sie den Stickstoff unmittelbar aus der Luft aufnehmen können, stark erschüttert worden. Die Ansicht, daß gewisse oder alle Pflanzen ihren Stickstoffbedarf nicht allein aus dem Boden, sondern auch aus der Luft aufzunehmen vermögen, gewinnt zweifellos immer mehr Anhänger; allein trotz aller Bemühungen zahlreicher Forscher, in diese für die Land- und Forstwirtschaft ungeheuer wichtige Frage Klarheit zu bringen, widersprechen sich die Auffassungen über die Stickstoffaufnahme der Pflanzen heute vielleicht mehr denn je. Ueber die Menge des den Waldbäumen aus dem unermeßlichen Luftmeere etwa zugänglichen Stickstoffes besteht jedenfalls noch völlige Unklarheit, und so wird es denn erklärlich erscheinen, daß hier nur mit dem Stickstoffvorrate des Bodens gerechnet wird [1]).

Der Boden enthält in seinem natürlichen Zustande nur verhältnismäßig geringe Mengen von Ammoniaksalzen und Nitraten, die sich in der Regel erst durch die vorausgehende Vegetation ansammelten und aus den natürlichen Stickstoffquellen der Atmosphäre, z. B. elektrischen Entladungen, Verdunstungsvorgängen etc., herstammen. Aus mehrjährigen Beobachtungen der Regenmengen und Bestimmungen der Mengen des darin in Form von Ammoniak und Nitraten enthaltenen Stickstoffs an verschiedenen Stationen ergab sich, daß alljährlich im großen Durchschnitte 11¼ bis 12¾ kg pro ha gebundener Stickstoff durch die atmosphärischen Niederschläge zu Boden gelangen. Der Boden selbst enthält, namentlich in den angeschwemmten Tonböden, gewisse Mengen gebundenen Stickstoffes, die aber durch eine Reihe von Ernten meist bald erschöpft werden, denn der Landwirt entzieht nach den Versuchen von J. H. Gilbert und Lawes pro Jahr und Hektar

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| in einer Weizenernte | durchschnittlich | 23 | kg | geb. Stickstoff |
| „ „ Gerstenernte | „ | 20 | „ | „ „ |
| „ „ Hülsenfrüchtenernte | „ | 35 | „ | „ „ |
| „ „ Heu- und Kleeernte | „ | 37 | „ | „ „ |

nach Graf zur Lippe-Weißenfeld aber

| | | |
|---|---|---|
| in einer Weizenernte | 62,4 | kg |
| „ „ Kartoffelernte | 60,9 | „ |
| „ „ Roggenernte | 51,8 | „ |
| „ „ Rotkleeernte | 95,8 | „ |

also viel mehr, als der Boden durch die atmosphärischen Niederschläge jährlich wieder zugeführt erhält. Hieraus erklärt sich die Notwendigkeit der Stickstoffdüngung, d. h. der Zufuhr von Ammoniaksalzen oder von Nitraten, von denen jede für einzelne Gewächse ihre spezifischen Vorzüge vor der anderen besitzt; für die meisten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ist aber die Zufuhr animalischer Abfälle gemengt mit Streumaterialien die günstigste Form des Rückersatzes.

Es ist nun angesichts dieser Erfahrungen der Landwirtschaft von hohem Interesse, einen Einblick in die Lebensökonomie des Waldes bezüglich der Stickstoffausfuhr und -Zufuhr zu erhalten. Nach Dr. J. v. Schröder ist der Jahresbedarf an Stickstoff von 1 ha Wald in Kilogramm:

| | Buchenhochwald, | Fichten, | Tannen, | Birken, | Kiefern |
|---|---|---|---|---|---|
| zum Holzzuwachs | 10,34 | 13,20 | 13,26 | 7,22 | — |
| zur Streuerzeugung | 44,35 | 31,92 | — | — | 28,94 |
| Summe | 54,69 | 45,12 | — | — | — |

1) Näheres über diese Frage s. im botanischen Abschnitt.

Hieraus ergibt sich die wichtige Schlußfolgerung, daß die forstliche Produktion sehr hohe Ansprüche an den Stickstoffgehalt (resp. den Ammoniak- und Nitratgehalt) des Bodens stellt, sobald man die Streu dem Boden entzieht; die alljährliche Holz- und Streuerzeugung kommt bezüglich ihres Stickstoffbedarfes den landwirtschaftlichen Durchschnittsernten nahe und übertrifft sie sogar teilweise, so daß ein fortgesetzter Streuentzug nebst Holznutzung den Boden in verhältnismäßig kurzer Zeit ebenso erschöpfen muß, wie dies beim Ackerbau längst anerkannt ist. Hingegen zeigen vorstehende Zahlen, daß bei einer Belassung der Streu im Walde die Holzproduktion allein nicht imstande ist, eine stetige Verminderung und Erschöpfung des Stickstoffvorrates im Boden herbeizuführen, weil die Durchschnittsmenge von 10—13 kg pro Jahr und Hektar durch den mittleren Jahresbetrag des in den atmosphärischen Niederschlägen enthaltenen gebundenen Stickstoffes wieder ersetzt wird. Die natürlichen Stickstoffquellen der Atmosphäre, die den Waldbäumen durch die Vermittlung des Bodens zufließen, halten daher dem Bedarfe der bloßen Holzerzeugung das Gleichgewicht, und der von Streunutzung verschonte Wald bedarf keines künstlichen Ersatzes in Form von Ammoniaksalzen und Nitraten. Diese Tatsache ist in wirtschaftlicher Hinsicht deshalb sehr bedeutungsvoll, weil infolge dieser Anspruchslosigkeit der Waldbäume noch alle jene Flächen dauernd der Produktion für menschliche Bedürfnisse dienen können, welche infolge ihrer Lage oder ihrer Entfernung von den Wohnstätten für die künstliche Düngerzufuhr nicht erreichbar sind, z. B. die Gebirge. Ferner ist es dadurch möglich, auch durch eine arbeitsextensive Wirtschaftsform, d. h. unter Aufwand von wenig menschlicher Arbeitskraft, noch zu produzieren, da die langen Zeiträume zwischen Bestandesbegründung und Holzernte den Aufwand von großen Produktionskosten im Hinblick auf die langwährenden Zinsenverluste verbieten. Nur bei der Aufforstung von Oedländereien, wie trockener Kalkhänge, Flugsandflächen oder sonstiger ausgesprochen humusarmer Böden, die häufig aus volkswirtschaftlichen Gründen — ohne Rücksicht auf die Rentabilität durch die unmittelbaren Erträge — geboten erscheint, ist vielfach in dem Mangel an der nötigen Stickstoff-Nahrung der Hauptgrund für das Mißlingen bzw. die Schwierigkeit der Aufforstung zu erblicken [1]). Zwecks Erzielung von Erfolgen empfiehlt sich die Düngung mit Humus, dem natürlichen Stickstoffdünger für unsere Waldbäume, vor allem mit Moorerde, und wo solche nicht billig zur Verfügung steht, die Gründüngung durch Leguminosen-, namentlich Lupinen-Anbau. Albert faßt seine Ansicht über die Wege, die heute mit Aussicht auf Erfolg zur Verbesserung unserer Waldböden beschritten werden können, kurz zusammen in die beiden folgenden Sätze:

1. „Ausnutzung und Aufschließung der in unseren Waldböden noch ausreichend vorhandenen Pflanzennährstoffe.

2. Erschließung und Ausbeutung natürlich vorhandener und nachhaltig wirksamer Meliorationsmittel, wie Mergel (Kalk und Magnesia), Moor (Stickstoff) etc.“

Auf Grund seiner Untersuchungen von märkischen (Melchow) Dünensandböden mit Kiefernbestand kommt Dr. Vogel von Falkenstein zu dem Ergebnis, daß bei annähernd gleichem Mineralstoffgehalt und physikalischer Beschaffenheit des untersuchten Materials die Ertragsklasse proportional dem Stickstoffhumusgehalt der Böden ist. Die vorhandenen Stickstoff- und Humus-

1) Vgl. R. Albert „Welche Erfahrungen liegen bis jetzt über den Einfluß künstlicher Düngung und Bodenbearbeitung im forstl. Großbetriebe vor etc.?“ Zeitschr. f. F. u. J., 1905, S. 139 ff.

mengen bestimmten hiernach allein die Bodenfruchtbarkeit, und die von Schütze aufgestellte Regel, daß der Mineralnährstoffgehalt eines Sandbodens der zumeist bestimmende Faktor der Bodenfruchtbarkeit sei, treffe hiernach für die Melchower Dünensande, die bei gleichem geringen Mineralstoffgehalt wechselnde Fruchtbarkeit zeigen, nicht zu (Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. I, 1912, Heft 6).

Eine hervorragende Bedeutung hat ferner für die Ernährung der Bäume der Wassergehalt des Bodens, weil die Bäume wegen ihrer großen Blattflächensumme außerordentlich große Verdunstungsflächen besitzen. Da jedoch dieser Gegenstand in den §§ 21 und 22 näher abgehandelt ist, so sei hierauf verwiesen.

§ 34. So einfach die Chemie im Verein mit der dynamischen Wärmetheorie uns den Vorgang der Verbrennung erklärt und uns dadurch in den Stand setzt, den Vorgang bei der Bildung brennbarer organischer Stoffe sowie das Pflanzenwachstum vom chemisch-physikalischen Standpunkte aus zu verstehen, ebenso schwierig war diese Erklärung vor der Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Kraft. In der ältesten forstlichen Literatur finden wir deshalb gerade über diesen Punkt die abenteuerlichsten Vorstellungen, welche die philosophischen Ideen ihrer Zeiten widerspiegeln. So sagt z. B. Hanns von Carlowitz (Sylvic. oec. S. 22) im Jahre 1713:

„Wie denn sonderlich mirakulös zu sein scheint, daß in dem bloßen und unansehnlichen Erdreich so ein wunderwürdiger ernährender Lebensgeist und Archäus häufig zu finden, so die meisten Geschöpfe erhält. Gewiß die darin enthaltene Nahrungskraft ist so unendlich als unbegreiflich bevorab die Wärme oder das elementarische Feuer“ etc.

Auch die Phlogistontheorie, sowie der Streit über die antiphlogistische Theorie Lavoisiers findet sich in einzelnen Andeutungen der Forstliteratur — ein Beweis, daß schon viel über die Ursache der Brennbarkeit des Holzes und die Quelle dieser Wärme nachgesonnen wurde.

Wie oben S. 136 gezeigt wurde, haben wir die brennbare Substanz des Holzes als aufgespeicherte „potentielle Energie“ oder „chemische Differenz“, als verkörpertes Ergebnis der chemischen Arbeitsleistung des Sonnenlichtes aufzufassen. Es fragt sich nun: wie groß ist die jährliche Produktion der Wälder an solcher organischer Substanz? Die Untersuchungen über den Holzertrag der Wälder, welche von zahlreichen Forstmännern und Vertretern der forstlichen Theorie in bezug auf verschiedene Holzarten und Standortsverhältnisse ausgeführt worden sind, geben ziffermäßige Anhaltspunkte über die räumlich gemessene, in kubischen Einheiten ausgedrückte Holzmasse, welche in Holzbeständen von verschiedenen Altersstufen auf der Flächeneinheit enthalten ist. Berechnet man hieraus unter Zugrundelegung der für die besonderen Fälle ermittelten Zahlen des spezifischen Gewichtes, bezogen auf den wasserfreien Zustand (d. h. bei 105° C getrocknet), die Masse der Trockensubstanz, welche jährlich zugewachsen ist, so erhält man aus den vorher beträchtlich divergierenden Zahlen eine bemerkenswerte Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Holzarten bei sonst gleichen klimatischen und Bodenverhältnissen. Man kann diese auffallende Tatsache, auf welche zuerst durch J. v. Liebig in seiner Agrikulturchemie[1]), dann von Dr. Theod. Hartig[2]) und Prof. Dr. E. Eber-

1) Just. v. Liebig berechnet in seinem Werke: „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur“ etc., V. Auflage, S. 14 u. 15 pro ha Wald 5300 kg Trockensubstanzerzeugung.

2) Dr. Theod. Hartig stellte in seinem „System und Anleitung zum Studium der Forstwirtschaftslehre“, Leipzig 1858, S. 228, Berechnungen über die Produktion von Brennwerten durch die verschiedenen Holzarten an und fand pro ha berechnet im Hochwalde eine jährliche Erzeugung von



mayer[1]) hingewiesen wurde, präziser in folgender Weise ausdrücken: „Die verschiedenen bestandsbildenden Holzarten liefern auf den für sie geeigneten Standorten unter sonst gleichen Verhältnissen durchschnittlich jährlich nahezu gleiche Gewichtsmengen Trockensubstanz; die großen Verschiedenheiten im Ertrage nach Kubikmetern der Masse auf gleichen Standorten zwischen den einzelnen Holzarten rühren hauptsächlich von den Unterschieden der spezifischen Gewichte her."

Obgleich Prof. Ebermayer schon im Jahre 1875 aus 77 einzeln genau aufgenommenen Streuversuchsflächen berechnet hatte, daß im jährlichen Holzzuwachs der Buchenbestände 3163 kg, der Fichtenbestände 3435 kg, der Kiefernbestände 3233 kg Trockensubstanz enthalten sei, so hat doch der Lehrsatz, daß „dem Gewichte nach in Waldbeständen verschiedener Holzarten im großen Durchschnitte jährlich die gleichen Mengen organischer Substanz produziert werden", bis jetzt nicht diejenige allgemeine Würdigung gefunden, die einem so wichtigen, grundlegenden Gesetze der Forstwissenschaft zukommen sollte. Es erschien daher von hohem Interesse, die in letzterer Zeit erschienenen zahlreichen Ertragstafeln nach dieser Hinsicht zu prüfen. Die von Prof. Dr. Rob. Hartig mitgeteilten Zahlen über die spezifischen Trockengewichte resp. den Gehalt von je 1 Festmeter verschiedener Holzarten an Trockensubstanz sowie die eigenen (R. Webers) diesbezüglichen Erhebungen wurden daher in Rechnung gestellt, wobei aber ausdrücklich bemerkt sei, daß es sehr wünschenswert wäre, bei allen Ertragsermittlungen zugleich die Angaben der spezifischen Gewichte an Probestämmen beizufügen, um die erzeugte Masse der Trockensubstanz unmittelbar auf experimentellem Wege zu ermitteln. Die nachstehenden Berechnungen mögen daher nur vorläufig an die Stelle solcher unmittelbarer Erhebungen treten und den Weg andeuten, wie die einzelnen Ermittlungen sich zu einem Gesamtbild von überraschender Uebereinstimmung zusammenfügen.

Vor allem muß bei der Uebertragung von Zahlen der spezifischen Gewichte auf Ertragstafeln der Grundsatz festgehalten werden, daß die an einzelnen Baumteilen (z. B. Kern, Splint, Gipfel-, Astholz etc.) gefundenen Größen nur proportional zu dem Anteil, welchen diese von der Gesamtmasse des Baumes ausmachen, in Rechnung kommen dürfen. Man kann also nicht die an einem beliebigen Stück Holz von einer bestimmten Holzart ermittelten spezifischen Gewichte zur Rechnung benützen, sondern muß stets das Mittel für den ganzen Stamm aus zahlreichen Einzelerhebungen sorgfältig berechnen. Ferner muß dieses Resultat stets auf den wasserfreien Zustand umgerechnet werden, indem man die Zahl der in einem Volumen frischen Holzes enthaltenen Trockensubstanz, wie sie durch Wägung nach mehrstündigem Austrocknen bei 105° C gefunden wird, durch das Frischvolumen teilt. In dieser Weise hat Prof. Dr. Robert Hartig 1885 eine große Anzahl Nadelholzbäume untersucht, während von R. Weber für die Traubeneiche und Rotbuche ähnliche Erhebungen, wenn auch in geringerer Zahl, angestellt worden sind; für die

| | | | |
|---|---|---|---|
| bei | Rotbuchenbeständen | 153 | Buchenscheitholzwerte |
| „ | Birken „ | 133 | „ |
| „ | Eichen „ | 133 | „ |
| „ | Erlen „ | 98 | „ |
| „ | Fichten „ | 200 | „ |
| „ | Weißtannen „ | 180 | „ |
| „ | Kiefern „ | 129 | „ |

1) Dr. E. Ebermayer „Die gesamte Lehre der Waldstreu". Berlin 1876, S. 68.

Birke hat Prof. Dr. Jul. von Schröder analoge Erhebungen veröffentlicht. Da die verschiedenen Ertragstafeln aus einer großen Anzahl Einzelaufnahmen in sehr verschiedenen Lagen und Standörtlichkeiten konstruiert sind, so muß auch der Gehalt von 1 Festmeter an Trockensubstanz aus einer größeren Zahl von Bäumen von verschiedenen Wachstumsverhältnissen und Ursprungsorten ermittelt werden. Der Rechnung seien deshalb folgende Gewichtszahlen zugrunde gelegt:

In 1 Kubikmeter frischen Holzes ist organische Substanz enthalten im Mittel aller Bestimmungen und im Durchschnitte der ganzen Stämme: Kiefer nach Rob. Hartig 424 kg, Fichte nach demselben 415 kg, Weißtanne nach demselben 375 kg, Traubeneiche nach R. Weber 635 kg, Rotbuche nach R. Weber 610 kg, Birke nach J. v. Schröder 533 kg.

Da die meisten dieser Zahlen an haubaren Stämmen erhoben worden sind, so können sie auf die jugendlichen Bestände nicht übertragen werden, weshalb in den folgenden Tabellen nur die Bestandes-Altersstufen von 60—120 Jahren der Berechnung unterstellt wurden. Hiebei wurde eine Trennung der Ertragstafeln nach den Zwecken, die bei deren Aufstellung befolgt wurden, vorgenommen, indem jene Tafeln, welche zur Ertragsschätzung ganzer Bestandsabteilungen von mittlerem Bestockungsgrade [1]) dienen sollen und die in der Forsteinrichtung zu unmittelbar praktischen Zwecken Verwendung finden, gesondert von denjenigen betrachtet wurden, welche die wissenschaftliche Erforschung des Zuwachsganges der einzelnen Holzarten mittelst kleiner, aber vollkommen normal bestockter Probeflächen erstreben. Erstere sind in der Tabelle A, letztere in der Tabelle B zusammengestellt, beide sind unter sich nur mit einer gewissen Reserve vergleichbar, namentlich unter Beachtung der durch Schneedruck, Insektenschaden, Windwurf etc. etc. verursachten Abnormitäten im Schluß und in der Stammzahl.

Unter den zahlreichen Ertragstafeln mußte natürlich eine Auswahl getroffen werden, und es enthalten die nachfolgenden Berechnungen nur jene von Dr. H. Burckhardt (in den „Hilfstafeln für Forsttaxatoren" Hannover 1873), von Dr. Theod. Hartig [2]), von Dr. Robert Hartig [3]), von Prof. Dr. F. von Baur [4]), von Prof. Schuberg [5]), von Gerwig [6]), von Prof. Dr. Kunze [7]), von Prof. Dr. T. Lorey [8]) und Prof. Weise [9]).

In der ersten Auflage dieses Handbuches ist die Berechnung der Masse an jährlich erzeugter Trockensubstanz im einzelnen durchgeführt; hier mögen der Raumersparnis wegen nur die Endziffern der Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt werden. (S. die Tabelle auf S. 145.)

Die Standortsklassen, nach welchen die Ergebnisse der Probeflächenaufnahmen angeordnet sind, bedeuten bei den einzelnen Schriftstellern nicht immer identische

1) Nach Rob. Hartigs „Rentabilität der Fichtennutz- und Buchenbrennholzwirtschaft", Stuttgart 1868, Cotta, S. 57, ist die Differenz der konkreten Bestände gegen die vollbestockten normalen Probeflächen bei 60 Jahren = 6,5%, bei 70 Jahren = 7,5%, bei 80 Jahren = 8,5% bei 90 Jahren = 9,5%, bei 100 Jahren = 11,0%, bei 110 Jahren = 13,0% des Normalertrags.

2) Dr. Theod. Hartig „System und Anleitung zum Studium der Forstwirtschaftslehre". Leipzig 1858, S. 198.

3) Dr. Rob. Hartig „Vergleichende Untersuchungen über Wachstumsgang und Ertrag". Stuttgart 1865, Cotta.

4) Dr. F. v. Baur „Die Fichte in bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form". Berlin 1877, J. Springer. Derselbe „Die Rotbuche in bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form". Berlin 1881, P. Parey.

5) Schuberg „Das Gesetz der Stammzahl und die Aufstellung von Ertragstafeln". Forstwirtschaftl. Centralblatt 1880, S. 290.

6) Gerwig „Die Weißtanne im Schwarzwalde". Berlin 1868.

7) Kunze „Beiträge zur Kenntnis des Ertrages der Fichte" etc. Suppl. z. Tharandter Jahrb. 1878.

8) Dr. Th. Lorey „Ertragstafeln für die Weißtanne". Frankf. a. M. 1884, Sauerländer.

9) Weise „Ertragstafeln für die „Kiefer". Berlin 1880.



Begriffe, sondern sind als große Durchschnitte der Verschiedenheiten in den Ertragsverhältnissen einzelner Länder aufzufassen; bei den neueren Ertragstafeln bildet in der Regel die mittlere Bestandeshöhe den Maßstab für die Standortsgüte, die Klassen umfassen dann oft sehr verschiedene geognostische Gebiete und Geländeverschiedenheiten.

A. **Bestände von mittlerem Bestockungsverhältnisse** (Tab. A) zeigen eine:

| | Durchschnittliche Gewichtszunahme der Trockensubstanz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. auf bester Standortsklasse: | Eichen | Rotbuchen | Fichten | Kiefern | Birken | Gesamt-Durchschnitt |
| | Kilogramm pro Hektar | | | | | |
| im Kulminationspunkte . . . . . | 3175 | 3219 | 3159 | 2538 | 3291 | — |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . | 3097 | 3118 | 3041 | 2356 | (3102) | 2943 |
| 2. auf zweiter Standortsklasse: | | | | | | |
| im Kulminationspunkte . . . . . | 2822 | 2772 | 2763 | 2085 | 2665 | — |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . | 2740 | 2701 | 2642 | 1892 | (2495) | 2494 |
| 3. auf dritter Standortsklasse: | | | | | | |
| im Kulminationspunkte . . . . . . | 2413 | 2463 | 2314 | 1611 | 1620 | — |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . | 2344 | 2333 | 2223 | (1499) | — | 2100 |
| 4. auf vierter Standortsklasse: | | | | | | |
| im Kulminationspunkte . . . . . | 2145 | 2104 | 1915 | 1208 | — | — |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . | 2065 | 1990 | (1839) | (1123) | — | 1779 |
| 5. auf fünfter Standortsklasse: | | | | | | |
| im Kulminationspunkte . . . . . | 1814 | 1743 | 1464 | 807 | — | — |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . | 1752 | 1616 | 1365 | (777) | — | 1378 |

B. **Vollkommen normal bestockte Probeflächen,** am herrschenden Bestande allein:

| 1. auf bester Standortsklasse: | Rotbuchen | Weißtannen | Fichten | Kiefern | Gesamtdurchschnitt |
|---|---|---|---|---|---|
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . . | 3948 | 3993 | 4988 | 3145 | — |
| | 3909 | 3588 | 4098 | 2866 | — |
| | 3689 | — | 3875 | — | — |
| | 4356 | — | 4596 | — | — |
| Durchschnitt der Einzelangaben . . . . | 3975 | 3790 | 4389 | 3004 | 3789 |
| 2. auf zweiter Standortsklasse: | | | | | |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . . | 3439 | 3055 | 3242 | 2256 | — |
| | 3634 | 2702 | 3776 | — | — |
| Durchschnitt der Einzelangaben . . . . | 3537 | 2778 | 3509 | 2256 | 3020 |
| 3. auf dritter Standortsklasse: | | | | | |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . . | 2861 | 2348 | 2442 | 1745 | — |
| | 2790 | 2013 | 3056 | — | — |
| Durchschnitt der Einzelangaben . . . . | 2826 | 2186 | 2749 | 1745 | 2377 |
| 4. auf vierter Standortsklasse: | | | | | |
| im Mittel von 60—120 Jahren . . . . . | 2417 | — | 1680 | 1525 | — |
| | 2135 | — | 2324 | — | — |
| Durchschnitt der Einzelangaben . . . . | 2276 | — | 2002 | 1525 | 1934 |

Diese Zahlenreihen zeigen, daß man in der forstlichen Praxis folgende Bonitierung vorzunehmen pflegt, wobei im großen Durchschnitte

I. Standortsklasse die Bestände von 3000—4000 kg jährl. Massenzunahme pro ha
II. „ „ „ „ 2500—3000 „ „ „ „ „
III. „ „ „ „ 2000—2500 „ „ „ „ „
IV. „ „ „ „ 1500—2000 „ „ „ „ „
V. „ „ „ unter 1500 „ „ „ „ „

aller Holzarten zusammenfaßt, ohne daß man sich jedoch dieser

Tatsache klar bewußt ist, sondern indem man sich an einzelne Faktoren der Massenermittlung, z.B. der Höhe, der Stammgrundfläche oder auch an Merkmale der Bodenbeschaffenheit, z. B. die Tiefgründigkeit, den Feinerdegehalt, Feuchtigkeitsgrad, Humusreichtum hält. Daß die Kiefernbestände in obigen Zusammenstellungen ein Zurückbleiben des Massenertrages hinter den anderen Holzarten zeigen, möchte überraschen, da wir ja gewohnt sind, die Kiefer als eine raschwüchsige Holzart zu bezeichnen; indessen ist zu beachten, daß diese Holzart sich schon frühzeitig licht stellt, eine verhältnismäßig geringe Stammzahl für den ha aufweist, und daß die Kiefernböden überhaupt in der Regel schlechtere Standorte sind, als die gleich benannten Standortsklassen für Buchen, Weißtannen und Fichten.

Alle diese Erörterungen beziehen sich nur auf den Zuwachs am herrschenden Bestande, weil dieser allein unter den verschiedenen Ertragstafeln vergleichbar ist. In welcher Weise die Vorerträge an Zwischennutzungen die Massenzunahme an Trockensubstanz beeinflussen, zeigen einzelne der Tabellen; hiernach steigert sich unter Einrechnung der Durchforstungsergebnisse der Massenertrag der I. Standortsklasse um 33—38 % des Gesamtertrages und beträgt 5000—7000 kg pro Jahr und Hektar. Die größte Masse solcher Vorerträge zeigen die Kiefernbestände, wo dieselben fast 40% ausmachen und den Gesamtertrag in bemerkenswerter Weise steigern.

Es erübrigt nun noch, zu der oberirdischen Holzmasse den Zuwachs an Stock- und Wurzelholz hinzuzufügen, um die Gesamtmenge der Holzerzeugung zu erfahren. Die Erfahrungstafeln beziehen sich gewöhnlich nur auf die oberirdische Masse des Bestandes, doch ist festgestellt, daß die Stockholzmasse bei Buchen mindestens 20 %, in langschaftigen haubaren Beständen 25 %, in kurzschaftigen sogar 33 % derselben ausmacht, während bei Kiefern 20—26 %, bei Fichten 25—34 % der oberirdischen Masse anfällt. Im Durchschnitte werden daher pro Jahr und ha ca. 600 kg Trockensubstanz in Form von Stockholz erzeugt, was in Anbetracht der Kurzschaftigkeit der Bestände auf schlechteren Bodenklassen auch für diese zutreffen dürfte. Außer der Holzerzeugung findet aber noch eine sehr bedeutende Erzeugung von organischer Substanz in Gestalt der jährlich abfallenden Blätter und der Nadeln der Koniferen, welche 3—7 Jahre ausdauern, im Walde statt. Dr. Ebermayer hat die Größe dieser Produktion auf Grund einer großen Versuchsreihe, die von der bayerischen Forstverwaltung durchgeführt wurde, bestimmt und als Endergebnis einen Jahresertrag an Trockensubstanz pro ha von folgenden Gewichtsmengen gefunden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Streuergebnis | in Buchenbeständen | in Fichtenbeständen | in Kiefernbeständen |
| | 3331 kg | 3007 kg | 3186 kg |

Die Gesamtmenge der in Beständen erster Standortsklasse jährlich pro ha erzeugten Masse organischer Trocken-Substanz muß daher auf rund 9—10 Tonnen (zu 1000 kg) veranschlagt werden, worin 100—250 kg Asche sind. Im Vergleich zu den durch die landwirtschaftlichen Betriebe pro Jahr und ha erzeugten Mengen von organischer Substanz, welche schon J. v. Liebig auf:

5000 kg Heu
3600 „ Runkelrüben

veranschlagt, kommt daher dem Walde immerhin eine etwas höhere Massenproduktion an Trockensubstanz zu.

§ 35. Nachdem gezeigt worden ist, daß die bisher aufgestellten Ertragstafeln in Verbindung mit den experimentell gefundenen spezifischen Trockengewichten



für gleiche Standortsgüten annähernd gleiche Gewichtsmengen organischer Substanz als jährlichen Durchschnittszuwachs angeben, mögen hier die Konsequenzen aus dieser Tatsache gezogen werden. Zunächst folgt hieraus, daß die verschiedenen bestandsbildenden Holzarten in ihrem Kronenraume gleich viel Lichtstrahlen von physiologischer Wirksamkeit mittelst ihres Chlorophylls absorbieren und zu Assimilationsvorgängen, d. h. zur Zerlegung von annähernd gleichen Kohlensäuremengen verwenden, sobald die Bedingung einer ununterbrochenen, hinreichenden Wasserzufuhr durch die Wurzeln und ausreichender Lieferung der mineralischen und stickstoffhaltigen Nährstoffe aus dem Boden erfüllt ist, sobald ferner die mittlere Sonnenwärme und Vegetationsdauer nicht erhebliche Abweichungen zeigen. Da nun durch zahlreiche Elementaranalysen eine bemerkenswerte Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung der Trockensubstanz der verschiedenen Holzarten konstatiert worden ist, indem dieselbe durchschnittlich aus

50 % Kohlenstoff
6 ,, Wasserstoff
42 ,, Sauerstoff
1 ,, Stickstoff
1 ,, Aschenbestandteilen

besteht, so folgt hieraus, daß die jährliche Produktion annähernd gleicher Mengen von Kohlenstoff und Wasserstoff, d. h. von brennbarer Substanz, bei den verschiedenen Holzarten stattfinden müsse. In den 4000 kg jährlich pro ha erzeugter Holzmasse wären daher ca. 2000 kg Kohlenstoff mit einer theoretischen Verbrennungswärme von 7170 × 2000 = 14 340 000 Kalorien, d. h. einer Wärmemenge, welche 143,4 cbm Wasser von 0 auf 100° C erwärmen könnte. In diesem Sinne berechnet sich der Vorrat an Kohlenstoff in den 100jährigen Holzbeständen in Tonnen (zu 1000 kg) pro Hektar aus den verschiedenen Ertragstafeln folgendermaßen:

| | I. Standortsklasse | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Eichen nach Burckhardt | 157 t | 139 t | 121 t |
| Buchen ,, ,, | 159 ,, | 136 ,, | 116 ,, |
| dto. (im Elm) nach Theod. Hartig | 193 ,, | — | — |
| dto. (Wesergebirge) nach Robert Hartig | 189 ,, | — | — |
| dto. (Spessart) derselbe | 179 ,, | — | — |
| dto. (Württemberg) nach F. v. Baur | 219 ,, | 184 ,, | 144 ,, |
| dto. (Baden) nach Schuberg | — ,, | 171 ,, | 142 ,, |
| Weißtannen nach Gerwig | 202 ,, | 157 ,, | — |
| dto. nach Lorey | 199 ,, | 149 ,, | 114 ,, |
| Fichten nach Burckhardt | 154 ,, | 132 ,, | 115 ,, |
| dto. (Harz) nach Rob. Hartig | 234 ,, | — | — |
| dto. ,, derselbe | 196 ,, | — | — |
| dto. (Württemberg) nach F. v. Baur | 187 ,, | 159 ,, | 121 ,, |
| dto. (Sachsen) nach Kunze | 214 ,, | 178 ,, | 142 ,, |
| Kiefern nach Burckhardt | 115 ,, | 91 ,, | 67 ,, |
| dto. (Pommern) nach R. Hartig | 156 ,, | — | — |
| dto. nach Weise | 135 ,, | 105 ,, | 83 ,, |
| Mittel aus obigen | 180 t | 146 t | 117 t |

Die theoretische Heizkraft der 100 jährigen Bestände auf erster Standortsklasse würde daher pro ha durchschnittlich einer Erhitzung von 12 906 t Wasser um 100° C gleichkommen, d. h. um eine Wasserschicht, welche 1 Hektar in der Höhe von 129 cm bedeckt, vom Eispunkt zum Siedepunkt zu erwärmen. Diese Erzeugung von Heizwert ist nach obigem für die verschiedenen Holzarten im großen Durchschnitte dieselbe.

§ 36. Die Brennstoffproduktion war ursprünglich und lange Zeit hindurch weitaus die wichtigste Aufgabe der Waldwirtschaft, erforderte doch schon unser Klima eine künstliche Wärmequelle, um überhaupt für Menschen bewohnbar zu sein. Auch die ersten Anfänge einer Verarbeitung der Erze, sowie einer Entwicklung der verschiedenen Industriezweige bedurften der Macht des Feuers und suchten daher mit Vorliebe die großen Waldgebiete in ähnlicher Weise auf, wie dies gegenwärtig mit den Kohlenfeldern der Fall ist. Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts lieferte in Deutschland der Wald fast ausschließlich das Brennmaterial, dessen nachhaltige Lieferung und zweckmäßige örtliche Verteilung damals eine wichtige Aufgabe der Forstverwaltung war. Bei den noch ziemlich primitiven und verschwenderischen Feuerungs-Anlagen war der Bedarf ein großer, und die Einführung holzsparender Einrichtungen war deshalb ein von den Obrigkeiten allerorts verfolgtes Ziel, obgleich es den rein fiskalischen Zwecken eigentlich zuwiderlief. Noch Hundeshagen berechnete den jährlichen Holzbedarf pro Kopf der Bevölkerung auf 1 cbm und mit Einrechnung der Gewerbehölzer auf 1,70 cbm. Hiebei rechnete man für die Landbevölkerung wegen der Viehhaltung erheblich mehr, z. B. nach Ranke 3—3½ Ster pro Kopf, auf die Stadtbevölkerung weniger. Noch in jüngster Zeit wurde der Holzbedarf pro Einwohner in der Schweiz auf 1,27 cbm, in Frankreich auf 1,44 cbm, in Italien auf 1,25 cbm angegeben.

Einen außerordentlichen Umschlag in dieser Richtung der Holzerzeugung brachte aber der enorme Aufschwung der Ausbeutung der Steinkohlenlager sowie der übrigen fossilen Brennstoffe hervor. Hier ist es die chemische Energie, die zu jenen fernen Zeiten der Sonne entstammte, als das Lepidodendron und die Calamiten in den vorweltlichen Wäldern grünten, von welchen die Gegenwart Gebrauch macht. Bloß in den deutschen Stein- und Braunkohlenzechen stieg die Ausbeute in folgender Reihe:

| Jahr | 1860 | 1866 | 1872 | 1878 | 1884 | 1890 | 1895 | 1900 | 1905 | 1909 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahres-Förderung | 12,3 | 28,2 | 42,3 | 48,2 | 72,1 | 89,3 | 104,0 | 149,8 | 173,8 | 217,4 |
| | | | | | Millionen t zu 1000 kg | | | | | |
| im Werte von | | | | | 587,8 | 596,9 | 1064,6 | | 1172,2 | 1698,2 |
| | | | | | | | Mill. M. | | | |
| Verbrauch pro Kopf | 326 | 709 | 1026 | 1092 | 1599 | 1806 | 1989 | 2657 | 2866 | 3413 |
| | | | | | kg pro Einwohner, | | | | | |

während die jährliche Förderung innerhalb 1860 bis 1909 sich

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| in Großbritannien | von | 85,4 | Mill. t | auf | 268,0 | Mill. t | |
| in Frankreich | „ | 8,3 | „ „ | „ | 37,8 | „ „ | |
| in Belgien | „ | 9,6 | „ „ | „ | 23,9 | „ „ | |
| in Oesterreich | „ | 3,5 | „ „ | „ | 48,8 | „ „ | |
| in obigen 5 Staaten | „ | 119,1 | „ „ | „ | 595,9 | „ „ | gesteigert hat. |

Bloß die deutsche Kohlenförderung ersetzte daher annähernd

| | | |
|---|---|---|
| durch 148,8 Mill. t Steinkohlen | ca. 521 | Mill. Festmeter Brennholz |
| „ 68,6 „ „ Braunkohlen | „ 137 | „ „ „ |
| „ 217,4 „ „ Ausbeute an Mineralkohlen im J. 1909 | „ 658 | „ „ „ ; |

oder wenn man den Durchschnittszuwachs in Deutschland = 3,45 cbm pro ha ansetzt [1]), so entsprechen diese Holzersatzmittel dem Zuwachs von 190,7 Millionen ha,

1) Nach den Angaben des Statist. Jahrbuchs für das Deutsche Reich, Jahrgang 1911, S. 45.

also einer Fläche, die etwa 14 mal größer wäre als alle Wälder des Deutschen Reiches zusammengenommen. Diese Ausbeute fossiler Brennstoffe muß für längere Zeiträume als dauernd angenommen werden, obgleich die Geologen eine Erschöpfung der scheinbar unermeßlichen Schätze in Aussicht stellen. Demnach muß sich auch die Forstwirtschaft diesem außerordentlichen Ersatze des Brennholzes durch fossile Brennstoffe anpassen und selbstverständlich auf die reine Brennholzwirtschaft Verzicht leisten.

Es ist interessant, zu untersuchen, welche Mengen Brennholz in den großen Verbrauchszentren trotz allen Wettbewerbs der Mineralkohlen auch heute noch verbraucht werden:

Im Jahre 1880 wurde in folgenden Städten verbraucht:

| | Brennholz | Holzkohlen Hektoliter | also pro Kopf der Bevölkerung Brennholz | hl Holzkohlen |
|---|---|---|---|---|
| in Paris [1]) | 896 465 rm | 5 455 750 | 0,45 rm | 2,75 |
| in Berlin [2]) | 558 095 fm | — | 0,51 fm | — |
| in Wien [3]) | 439 600 rm | 34 350 | 0,69 rm | 0,05 |
| in Straßburg [4]) | 69 637 „ | 73 414 | 0,66 „ | 0,70. |

Inzwischen ist der Brennholzverbrauch in den Großstädten allerdings weiter erheblich zurückgegangen; während in Paris im Jahre 1815 bei einer Einwohnerzahl von 670 000 1 200 000 rm Brennholz verbraucht wurden, d. i. pro Kopf 1,8 rm, betrug der Verbrauch des Jahres 1900 bei einer Bevölkerung von 2 661 000 nur noch 552 000 rm, d. i. pro Kopf 0,21 rm. Der Holzkohlenverbrauch ist auf rund 1 hl pro Kopf der Bevölkerung gesunken (Huffel a. a. O. S. 9). In Berlin wurden im Jahre 1892 verbraucht 321 322 fm Brennholz = 0,20 fm pro Kopf der Bevölkerung [5]), während der Brennholzverbrauch im Jahre 1864 noch 0,78 fm betrug.

Während also in den großen Städten Europas im Jahre 1880 noch ein durchschnittlicher Verbrauch von ½ bis ⅔ Raummeter Brennholz auf den Kopf der Bevölkerung festgestellt werden konnte, ist heute der Verbrauch wohl nur noch auf $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ rm anzunehmen. In Frankreich kommt allerdings noch ein durch die Gewohnheit der Bevölkerung in Küche und Haus, auch vielleicht durch die kleine Metallindustrie, bedingter starker Verbrauch an Holzkohle hinzu, der in Deutschland sehr klein ist.

§ 37. Gleichzeitig, während die Steinkohlen-Konkurrenz die Brennstoffe des Waldes nahezu überflüssig zu machen schien, trat aber auch, zum Teil in Wechselwirkung mit diesen plötzlich entdeckten Kraftvorräten, eine noch nie dagewesene Steigerung der industriellen und Handelstätigkeit ins Leben. Diese mächtige Entwickelung der Arbeitsstätten, der Schienenwege, der Telegraphen und das rasche Anwachsen der Städte erforderte wiederum eine ganz ungewöhnliche Menge Nutzhölzer der verschiedensten Art für Bauzwecke, für Grubenzimmerung, Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen, Faß- und Kistenholz, so daß dem Absatz der Walderzeugnisse an Stelle der verloren gegangenen sich viele neue Verbrauchsgebiete eröffneten. Dies wirkte nicht bloß auf die Benutzung der vorhandenen alten Vorräte, sondern machte sich auch in der Anzucht der neuen Bestände nach mancher Richtung hin geltend. — Nutzholzzucht war die notwendige Bezeichnung aller forstlichen

1) Annuaire des Eaux et Forêts 1885.
2) Hagen-Donner „Die forstl. Verhältnisse Preußens". II. Aufl. Berlin 1883. Bd. II., S. 20/21.
3) Oesterr. Forstztg. 1884. No. 25.
4) Verwaltungs-Rechnung der Stadt Straßburg 1879/80.
5) Hagen-Donner, „Die forstl. Verhältnisse Preußens", III. Aufl. Berlin, 1894, Band II, S. 33.

Bestrebungen geworden, und wer die geschichtliche Entwickelung der forstlichen Produktion richtig verstehen lernen will, muß immer gleichzeitig die Fortschritte der fossilen Brennstoff-Ersatzmittel vor Augen haben. In welcher Weise sich diese Tendenz des Uebergangs von der Brennholzerzeugung zur Nutzholzwirtschaft in den deutschen Staaten vollzog, lehrt nachstehende Uebersicht über die prozentische Nutzholzausbeute der Staatsforste nach Prozenten des Derbholzanfalls (bzw. für Hessen des Gesamtholzanfalls) in den einzelnen Jahrzehnten:

| Jahr | in Preußen | Kgr. Sachsen | Bayern | Württembg. | Baden | Hessen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1850 | 26 % | 35 % | 16 % | 26 % | 24 % | — |
| 1860 | 27 „ | 47 „ | 19 „ | 32 „ | 28 „ | — |
| 1870 | 30 „ | 61 „ | 32 „ | 40 „ | 34 „ | — |
| 1880 | 29 „ | 75 „ | 33 „ | 39 „ | 35 „ | — |
| 1885 | 39 „ | 80 „ | 43 „ | 47 „ | 32 „ | — |
| 1890 | 47 „ | 80 „ | 46 „ | 54 „ | 42 „ | — |
| 1895 | 51 „ | 79 „ | 48 „ | 53 „ | 44 „ | — |
| 1900 | 60 „ | 82 „ | 50 „ | 57,5 „ | 48 „ | — |
| 1905 | 64 „ | 81 „ | 51 „ | 61 „ | 49 „ | 37 % |
| 1910 | 67 „ | 84 „ | 57 „ | 62 „ | 50 „ | 41 „ |

In den Staatsforsten Frankreichs war im Jahr 1892 das Nutzholzprozent im Nadelholzgebiet 67 %, im Laubholzgebiet 26 %, in den Körperschaftswaldungen 75 bzw. 14 % und in sämtlichen Waldungen Frankreichs 26 % (Huffel a. a. O. S. 406 und 407).

Nur die übermäßige Einfuhr von Nutzhölzern aus benachbarten Ländern, Rußland, Skandinavien, Oesterreich, verursacht noch periodisch einen Rückgang der Nutzholzausbeute. Uebrigens wechselt der Bedarf an Nutzholz selbst wieder qualitativ nach Zeit und Ort, wie uns die teilweise Verdrängung der Holzschwellen durch den „eisernen Oberbau", der hölzernen Brücken und Dachstühle durch eiserne, der Holzschiffe durch Stahl usw. lehrt, während umgekehrt neue Verwendungsarten in ungeahntem Umfange auftauchen, wie die Holzstoff- und Zellulose-Industrie, die schon im Jahre 1900 im Deutschen Reiche 3000000 fm Holz verbrauchte [1]), das hauptsächlich als Schichtholz ausgeformt ist, Nach den Produktionserhebungen von 1897 erzeugte Deutschland 7,69 Mill. dz Holzschliff, 2,5 Mill. dz Zellulose, 7,8 Mill. dz Papier und Pappe in Werten von 26,4—48,4—204,7 Mill. Mark [2]). In ähnlicher Weise gehen unter dem Einfluß der Technik fortwährende, oft gar nicht auffällige Veränderungen in den Verbrauchsverhältnissen des Rohstoffes vor sich, wie z. B. das Aspenholz für schwedische Zündhölzer, das Erlenholz zu Zigarrenkisten, die Buche zu gebogenen Möbeln, zu Parketten und Packfässern erst in neuerer Zeit Verwendung gefunden hat. Weitaus der größte Teil des Nutzholzes findet allerdings seine Verwendung in der Bau- und Möbelindustrie, so daß die Sägewerke immerhin als die wichtigsten Verarbeiter des Rohstoffes anzusehen sind. Alle diese Verhältnisse, die für den praktischen Betrieb und für die Rentabilität höchst wichtig sind, können hier nur flüchtig angedeutet werden, da ihre gründliche Erörterung in das Gebiet der Statik und Forstbenutzung gehört. Unter dem Einflusse aller der genannten naturgesetzlichen und wirtschaftlichen Faktoren hat sich gegenwärtig folgende Verteilung der Holz- und Betriebsarten in den Waldungen Deutsch-

1) Nach dem Supplement zur Allg. Forst- und Jagd-Ztg., Jahrgang 1901 (Jahresbericht für das Jahr 1900), S. 36.
2) Deutsches Handelsarchiv, I, S. 245.

lands herausgebildet [1]): Die Laubhölzer nehmen 32,5 %, die Nadelhölzer dagegen 67,5 % der gesamten Waldfläche ein, die einzelnen Betriebsarten umfassen folgende Prozentanteile: Eichenhochwald 4,2 %, Buchen- und sonstiger Laubholzhochwald 14,3 %, Birken-, Erlen-, Aspenhochwald 2,2 %, Eichenschälwald 3,2 %, Weidenheeger 0,3 %, sonstiger Stockausschlag ohne oder mit sehr wenig Oberholz 3,3 %, Mittelwald 5,0 %, Kiefern 44,6 %, Fichten und Weißtannen 22,8 %, Lärchen 0,1 %.

In Frankreich waren von den dem régime forestier unterworfenen Waldungen im Jahre 1904 bestockt: 77 % mit Laubholz und nur 23 % mit Nadelholz. Huffel [2]) schätzt die Bestockung der gesamten Waldfläche Frankreichs zu 80 % Laubholz (hiervon: 35 % sommergrüne Eichen [grands chênes — sessiliflora und pedunculata], 4 % Steineichen (Quercus ilex), 41 % sonstiges Laubholz) und 20 % Nadelholz. Im Niederwaldbetriebe werden insgesamt bewirtschaftet 38 %, im Mittelwaldbetriebe 35 %; Hochwaldungen sind 25 %, und 2 % Niederwaldungen, die in Hochwald umgewandelt werden. Es gehören also 73 % dem Nieder- und Mittelwaldbetriebe an und nur 27 % dem Hochwaldbetriebe. In den Staatswaldungen ist der Hochwald mit 68,3 % vertreten.

§ 38. Bekanntlich wird die von den Waldbäumen durch Assimilation erzeugte organische Substanz durch Umbildung in Holzfaser in ausdauernder Form abgelagert, und zwar geschieht dies, entsprechend dem Bau der dikotylen Gewächse, durch Verlängerung der Achsen und durch alljährliche Anlage eines neuen Holzrings vom Kambialringe aus. Auf einem Stammquerschnitte erscheinen daher die Schichten der jedes Jahr gebildeten Holzzellen samt den Gefäßen konzentrisch angeordnet und von Markstrahlen radial durchsetzt, so daß der Aufbau des Holzkörpers meistens eine große Regelmäßigkeit zeigt und die Anwendung der stereometrischen Berechnung zur Bestimmung der Zuwachsgrößen gestattet. Während demnach die agrikulturchemische Betrachtungsweise die Massen der Vorräte und des Zuwachses nach dem Gewichte der Trockensubstanz ausdrückt, rechnet die forstliche Praxis und der Holzhandel nur nach kubischen Massen. Für Stämme und deren Abschnitte ist die Rechnungseinheit der Kubikmeter für die feste Holzmasse, wie sie sich auf Grund der stereometrischen Formel (meist als Paraboloid) aus den gemessenen Dimensionen berechnet („Festmeter"), für geschichtetes Holz dagegen bildet der Raummeter, d. h. der mit losen Holzstücken ausgefüllte Raum eines cbm, das einheitliche Maß, doch wird bei Summierung letzteres auf den Festgehalt reduziert.

Wie schon erwähnt (S. 144), haben vielfache wissenschaftliche Untersuchungen über die Ertrags- und Zuwachs-Größen, welche von verschiedenen Holzarten unter verschiedenen äußeren Bedingungen hervorgebracht werden, stattgefunden, die sämtlich den Ertrag pro Flächeneinheit (ha) in kubischem Maß (cbm) angeben und den Wachstumsgang der einzelnen Holzarten bei verschiedenen Betriebsarten, ausgeschieden nach Hauptbestand (Haubarkeits- oder Abtriebsertrag) und Zwischenbestand (Vor- oder Zwischennutzungserträgen) darstellen. Zur genaueren Feststellung der Zuwachsgesetze gehört aber auch die Angabe der Stammzahlen, der Stammgrundflächensumme und der Maße der mittleren Modellstämme in verschiedenen Lebensaltern der Bestände. Die eingehende Betrachtung dieses Gegenstandes fällt in das Gebiet der Holzmeßkunde, weshalb hier die Mitteilung der Ertragstafeln selbst und der daraus abgeleiteten Zuwachsgesetze unterbleiben muß.

Die auf experimentellem Wege durch unmittelbare Messung zahlreicher Bestände

1) „Die Forsten und Holzungen im Deutschen Reich nach der Erhebung des Jahres 1900"; Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, 1903, II, Ergänzungsheft.

2) Huffel, „Economie forestière", Tome I, Paris 1904, S. 404—406.



gefundenen Zahlen der Ertragstafeln geben den Zuwachs der normal beschaffenen, vollkommen gleichartig bestockten und ganz geschlossenen Bestände an. Die wirklichen Wälder sind aber in der Regel sowohl hinsichtlich der Holzartenmischung, als auch der sonstigen Bestockungsart von einer normalen Beschaffenheit mehr oder weniger entfernt. Es ist daher von Interesse, die durchschnittlichen Massenerträge

**Wirkliche jährliche Abnutzungsgröße in den**

| Zeitabschnitte und Jahrgänge | Preußen[1] | | | Bayern[2] | | | | | Württemberg[3] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Derbholz | Nicht-Derbholz (Reisig und Stockholz) | Zusammen | Finanzperioden bzw. Jahrgänge | Derbholz | Nicht-Derbholz: Reisig | Nicht-Derbholz: Stockholz | Zusammen | Derbholz | Nicht-Derbholz: Reisig | Nicht-Derbholz: Stockholz | Zusammen |
| (Mittel) | Festmeter pro Jahr und Hektar | | | | | | | | | | | |
| 1829/34 | 1,75 | 0,24 | 1,99 | I | 2,55 | 0,22 | 0,20 | 2,97 | — | — | — | — |
| 1835/39 | 1,51 | 0,25 | 1,76 | II | 3,10 | 0,26 | 0,25 | 3,61 | — | — | — | — |
| 1840/44 | 1,45 | 0,35 | 1,80 | III | 3,20 | 0,31 | 0,30 | 3,81 | — | — | — | — |
| 1845/49 | 1,50 | 0,39 | 1,89 | IV | 3,45 | 0,35 | 0,40 | 4,20 | — | — | — | — |
| 1850/54 | 1,52 | 0,40 | 1,92 | V | 3,14 | 0,33 | 0,37 | 3,84 | — | — | — | — |
| 1855/59 | 1,90 | 0,43 | 2,33 | VI | 3,24 | 0,33 | 0,40 | 3,97 | 4,12 | — | — | — |
| 1860/64 | 2,00 | 0,50 | 2,50 | VII | 3,43 | 0,36 | 0,58 | 4,37 | 4,05 | 1,22 | — | 5,27 |
| 1865/69 | 2,00 | 0,68 | 2,68 | VIII | 3,43 | 0,34 | 0,42 | 4,19 | 4,03 | 1,02 | — | 5,05 |
| 1870/74 | 2,20 | 0,85 | 3,05 | 69/74 | 4,34 | 0,52 | 0,32 | 5,18 | 4,90 | 0,90 | — | 5,80 |
| 1875/79 | 2,33 | 0,99 | 3,32 | — | 3,58 | 0,43 | 0,25 | 4,26 | 4,16 | 0,94 | — | 5,10 |
| 1880/84 | 2,56 | 0,89 | 3,45 | — | 3,45 | 0,44 | 0,18 | 4,07 | 4,21 | — | — | — |
| 1885/89 | 2,81 | 0,90 | 3,71 | — | 3,80 | 0,44 | 0,15 | 4,39 | 4,58 | — | — | — |
| 1890 | 2,96 | 0,92 | 3,88 | — | 4,01 | 0,46 | 0,16 | 4,63 | 4,47 | — | — | — |
| 1891 | 2,80 | 0,79 | 3,59 | — | 4,75 | 0,38 | 0,14 | 5,27 | 4,55 | — | — | — |
| 1892 | 2,98 | 0,88 | 3,86 | — | 5,48 | 0,42 | 0,16 | 6,06 | 4,53 | — | — | — |
| 1893 | 2,92 | 0,85 | 3,77 | — | 3,76 | 0,44 | 0,18 | 4,38 | 4,55 | — | — | — |
| 1894 | 3,89 | 0,82 | 4,71 | — | 3,98 | 0,45 | 0,19 | 4,62 | 4,49 | — | — | — |
| 1895 | 2,95 | 0,71 | 3,66 | — | 4,05 | 0,46 | 0,18 | 4,69 | 4,49 | — | — | — |
| 1896 | 3,15 | 0,81 | 3,96 | — | 5,66 | 0,46 | 0,16 | 6,28 | 4,48 | — | — | — |
| 1897 | 3,02 | 0,75 | 3,77 | — | 4,99 | 0,46 | 0,16 | 5,61 | 4,67 | — | — | — |
| 1898 | 3,06 | 0,79 | 3,85 | — | 4,29 | 0,42 | 0,16 | 4,87 | 4,68 | — | — | — |
| 1899 | 2,94 | 0,76 | 3,70 | — | 4,03 | 0,36 | 0,12 | 4,51 | 5,07 | — | — | — |
| 1900 | 3,05 | 0,77 | 3,82 | — | 4,30 | 0,60 | | 4,90 | 5,07 | 1,02 | | 6,09 |
| 1901 | 3,29 | 0,82 | 4,11 | — | 4,34 | 0,63 | | 4,97 | 5,28 | 1,14 | | 6,42 |
| 1902 | 3,43 | 0,84 | 4,27 | — | 4,30 | 0,60 | | 4,90 | 5,50 | 1,20 | | 6,70 |
| 1903 | 4,14 | 0,78 | 4,92 | — | 3,90 | 0,50 | | 4,40 | 5,50 | 1,10 | | 6,60 |
| 1904 | 3,84 | 0,77 | 4,61 | — | 4,03 | 0,64 | | 4,67 | 5,40 | 1,20 | | 6,60 |
| 1905 | 3,57 | 0,72 | 4,29 | — | 3,92 | 0,62 | | 4,54 | 5,59 | 1,17 | | 6,76 |
| 1906 | 3,52 | 0,71 | 4,23 | — | 4,08 | 0,64 | | 4,72 | 6,09 | 1,21 | | 7,30 |
| 1907 | 3,61 | 0,69 | 4,30 | — | 3,87 | 0,60 | | 4,47 | 6,31 | 1,21 | | 7,52 |
| 1908 | 3,75 | 0,79 | 4,54 | — | 4,32 | 0,66 | | 4,98 | 5,95 | 1,22 | | 7,17 |
| 1909 | 4,08 | 0,82 | 4,90 | — | 5,11 | 0,73 | | 5,84 | 5,90 | 1,13 | | 7,03 |
| 1910 | 5,10 | 0,77 | 5,87 | — | 5,06 | 0,72 | | 5,78 | 5,79 | 1,08 | | 6,87 |

1) Nach v. Hagen-Donner „Die forstlichen Verhältnisse Preußens", Berlin 1883, II. Band, S. 160 und den Nachträgen in den „Amtl. Mitteilungen aus der Abtlg. für Forsten des Kgl. Preuß. Minist. für Landw., Domänen und Forsten", Berlin 1905 u. ff. bzw. den „Statist. Mitteilungen über die Erträge deutscher Waldungen" in den „Mitteilungen des Deutschen Forstvereins".

2) Nach der „Forstverwaltung Bayerns", München 1861, und den Nachträgen in den „Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns" bzw. den „Statist. Mitteilungen des D. Forstv".

3) „Die forstl. Verhältnisse Württembergs", Stuttgart 1880 und Statist. Nachweisungen der Württemb. Forstverwaltung bzw. des Deutschen Forstvereins.

der Forstwirtschaft größerer Gebiete kennen zu lernen, weil diese aus den wirklichen Betriebsergebnissen vieler Jahre und zahlreicher Verwaltungen statistisch hergeleitet sind, also die nachhaltigen Erträge des wirklichen Waldes deutlicher erkennen lassen, als die Ertragstafeln. In nachstehender Tabelle sind diese statistischen Angaben aus verschiedenen Ländern zusammengestellt.

## Staatsforsten folgender deutschen Staaten.

| Sachsen[4] | | | Baden[5] | | | | Hessen[6] | | | Elsaß-Lothringen[7] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Derbholz | Nicht-Derbholz (Reisig und Stockholz) | Zusammen | Derbholz | Nicht-Derbholz: Reisig | Nicht-Derbholz: Stockholz | Zusammen | Derbholz | Nicht-Derbholz (Reisig und Stockholz) | Zusammen | Derbholz | Nicht-Derbholz (Reisig und Stockholz) | Zusammen |
| des holzproduzierenden Waldbodens | | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3,19 | 1,46 | 4,65 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3,35 | 1,45 | 4,80 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3,55 | 1,35 | 4,90 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4,56 | 1,36 | 5,92 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4,26 | 1,75 | 6,01 | — | — | — | — | — | — | — | 2,87 | 0,81 | 3,68 |
| 4,56 | 1,74 | 6,30 | — | — | — | — | — | — | — | 3,02 | 1,07 | 4,09 |
| 5,23 | 1,78 | 7,01 | 4.53 | 1,07 | — | 5,60 | — | — | — | 3,07 | 1,00 | 4,07 |
| 4,89 | 1,59 | 6,48 | 4,37 | 1,10 | — | 5,47 | — | — | — | 3,29 | 0,95 | 4,24 |
| 5,09 | 1,56 | 6,65 | 4,66 | 1,15 | — | 5,81 | — | — | 5,45 | 3,53 | 0,85 | 4,38 |
| 4,59 | 1,50 | 6,09 | 4,30 | 1,07 | — | 5,37 | — | — | 5,28 | 3,26 | 0,78 | 4,04 |
| 4,98 | 1,51 | 6,49 | 4,22 | 1,09 | — | 5,31 | — | — | 5,25 | 5,09 | 0,88 | 5,97 |
| 4,88 | 1,50 | 6,38 | 4,07 | 1,10 | — | 5,17 | — | — | 5,17 | 3,62 | 0,80 | 4,42 |
| 5,27 | 1,56 | 6,83 | 4,17 | 1,03 | — | 5,20 | — | — | 5,22 | 3,59 | 0,77 | 4,36 |
| 4,82 | 1,37 | 6,19 | 4,68 | 1,08 | — | 5,76 | — | — | 5,08 | 3,44 | 0,67 | 4,11 |
| 4,86 | 1,39 | 6,25 | 5,04 | 1,09 | — | 6,13 | — | — | 5,18 | 3,66 | 0,78 | 4,44 |
| 4,91 | 1,31 | 6,22 | 5,14 | 1,14 | — | 6,28 | — | — | 5,19 | 3,55 | 0,70 | 4,25 |
| 5,25 | 1,29 | 6,54 | 5,04 | 1,10 | — | 6,14 | — | — | 5,24 | 3,77 | 0,70 | 4,47 |
| 4,98 | 1,31 | 6,29 | 5,23 | 1,09 | — | 6,32 | — | — | 5,49 | 3,70 | 0,68 | 4,38 |
| 4,99 | 1,30 | 6,29 | 5,20 | 1,22 | 0,03 | 6,45 | — | — | 5,52 | 3,59 | 0,69 | 4,28 |
| 5,06 | 1,34 | 6,40 | 5,35 | 1,24 | 0,04 | 6,63 | — | — | 6,10 | 3,36 | 0,69 | 4,05 |
| 5,10 | 1,50 | 6,60 | 6,60 | 1,40 | | 8,00 | 4,30 | 1,70 | 6,00 | 4,30 | 0,75 | 5,05 |
| 5,10 | 1,40 | 6,50 | 5,40 | 1,20 | | 6,60 | 4,00 | 1,60 | 5,60 | 4,34 | 0,66 | 5,00 |
| 5,20 | 1,20 | 6,40 | 5,30 | 1,30 | | 6,60 | 4,40 | 1,60 | 6,00 | 3,34 | 0,64 | 3,98 |
| 5,35 | 1,24 | 6,59 | 5,29 | 1,18 | | 6,47 | 4,33 | 1,62 | 5,95 | 3,37 | 0,64 | 4,01 |
| 5,46 | 1,12 | 6,58 | 5,35 | 1,13 | | 6,48 | 4,52 | 1,61 | 6,13 | 3,56 | 0,60 | 4,16 |
| 5,49 | 1,13 | 6,62 | 5,34 | 1,11 | | 6,45 | 4,50 | 1,59 | 6,09 | 3,59 | 0,62 | 4,21 |
| 5,23 | 1,32 | 6,55 | 5,25 | 1,17 | | 6,42 | 4,49 | 1,62 | 6,11 | 3,27 | 0,60 | 3,87 |
| 5,04 | 1,32 | 6,36 | 5,78 | 1,25 | | 7,03 | 4,60 | 1,68 | 6,28 | 3,44 | 0,63 | 4,07 |
| 5,01 | 1,35 | 6,36 | 6,26 | 1,28 | | 7,54 | 4,70 | 1,62 | 6,32 | 3,48 | 0,60 | 4,08 |

4) Nach Bayreuther „Allg. F. u. J.-Ztg." 1882, S. 46 und im Tharandter Jahrbuche, sowie den Statist. Mitteilungen des Deutschen Forstvereins.

5) „Statist. Nachweisungen aus der Forstverwaltung des Großherzogtums Baden", Karlsruhe 1884 u. ff. bzw. Statist. Nachweisungen des Deutschen Forstvereins.

6) Nach den „Mitteilungen aus der Forst- und Kameralverwaltung des Großherzogtums Hessen" bzw. den Statist. Nachweisungen des Deutschen Forstvereins.

7) „Beiträge zur Forststatistik von Elsaß-Lothringen", Heft XXIV, Straßburg 1905 und Statist. Nachweisungen des Deutschen Forstvereins.

Aus diesen Ertragsziffern ergibt sich, daß im Laufe dieses Jahrhunderts die Staatswaldungen der größeren deutschen Staaten eine sehr bemerkbare Steigerung des Massenertrages aufweisen, was sowohl auf einer sorgfältigeren Kultur aller Blößen und Oedungen als auch auf vermehrtem Nadelholzanbau und Wahl ertragsreicherer Umtriebszeiten beruht. Die Schwankungen in den Erträgen ergeben sich meistens durch Sturmschäden und andere Katastrophen, während in Preußen seit 1866 durch den Zutritt der neuen Provinzen eine nachhaltige Besserung der Ertragsverhältnisse erfolgte. In welchem Grade die Holzarten den Ertrag beeinflussen, zeigt die Forststatistik Württembergs, wo pro Jahr und ha gerechnet:

| | 1882 | | 1883 | |
|---|---|---|---|---|
| | Derbholz | einschl. Reisig | Derbholz | einschl. Reisig |
| die Laubholzgebiete | 2,85 fm | 4,26 fm | 3,07 fm | 4,74 fm |
| die Nadelholzgebiete | 5,24 „ | 5,99 „ | 5,41 „ | 6,23 „ |

abgeworfen haben.

Bezüglich der übrigen Länder möge noch beigefügt werden, daß in der Schweiz[1])
die Staatswaldungen durchschnittlich 4,75 Festmeter pro ha
die Gemeinde- und Korporationswaldungen „ 2,88 „ „ „ ertragen.

In Oesterreich sind die jährlichen Gesamt-Holzerträge pro Hektar nach dem statistischen Jahrbuche des k. k. Ackerbau-Ministeriums vom Jahre 1895[2]) für die Waldungen aller Besitzkategorien in Festmetern folgende:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Niederösterreich | 3,13 cbm | Tirol | 1,99 cbm |
| Oberösterreich | 3,56 „ | Böhmen | 2,39 „ |
| Salzburg | 2,55 „ | Mähren | 3,12 „ |
| Steiermark | 3,22 „ | Schlesien | 3,56 „ |
| Kärnten | 3,29 „ | Galizien | 3,60 „ |
| Krain | 2,00 „ | Bukowina | 2,84 „ |
| Küstenland | 1,72 „ | Dalmatien | 1,15 „ |

In den Staatsforsten Oesterreichs betrug der Holzeinschlag im Jahrfünft 1899 bis 1903 pro Jahr und Hektar: rund 2,80 fm.

Die bezüglichen Angaben für Ungarn[3]) ergaben als katastermäßige Durchschnittserträge für die sämtlichen Wälder:

| Betriebsarten: | Hoch- | Mittel-wald | Nieder- | Durchschnitt cbm pro ha |
|---|---|---|---|---|
| für Eichen (Q. pedunc. und sessilifl.) | 3,04 | 2,99 | 2,55 | 2,80 |
| „ Zerreichen (Q. Cerris) | 3,02 | — | 2,48 | 2,74 |
| „ Rotbuchen mit Hainbuchenmischung | 2,78 | 2,92 | 2,61 | 2,71 |
| „ Birken | 2,45 | 3,68 | 3,49 | 3,35 |
| „ Roterlen | 2,57 | 3,64 | 3,85 | 3,68 |
| „ Eschen, Ulmen und Ahorn | 3,40 | — | 2,74 | 2,97 |
| „ Fichten | 4,24 | — | — | 4,24 |
| „ Weißtannen | 4,25 | — | — | 4,25 |
| „ Kiefern (Pin. silv.) mit Schwarzkiefern (P. lar.) | 3,58 | — | — | 3,58 |
| „ Lärchen | 3,61 | — | — | 3,61 |
| Im Mittel des ganzen Landes | — | — | — | 3,07 |

1) Nach dem Jahresbericht des eidgenöss. Departements des Innern, Forstwesen 1911.
2) Statist. Jahrbuch des k. k. Ackerbau-Ministeriums für 1895. Hof- und Staatsdruckerei. S. 58.
3) Nach Bedö „Die wirtschaftliche und commerzielle Beschreibung der Wälder Ungarns". Budapest, 1885. I. Bd. S. 277.



Hierbei sind 0,38 % der Gesamtflächen I. Standortsgüte, 8,21 % gehören der II., 38,99 % der III., 39,10 % der IV., 11,47 % der V. und 1,85 % der VI. Standortsgüte an.

Nach dem statistischen Jahrbuch für Ungarn, Neue Folge, Band XVIII, 1910, S. 136 ergaben die ungarischen Staatswaldungen im Jahre 1910 einen Naturalertrag von 1,77 fm.

In Frankreich war nach den Erhebungen vom Jahre 1892 [1]) der Jahresertrag an Holz pro ha Holzboden:

| in den Staatsforsten durchschnittlich | in den Kommunalforsten | in den nicht dem régime forestier unterstellten Forsten | insgesamt |
|---|---|---|---|
| 3,05 Festmeter | 2,59 Festmeter | 2,90 Festmeter | 2,79 fm |
| im Werte von | | | |
| 29,30 Frs. | 17,90 Frs. | 16,80 Frs. | 18,30 Frs. |

Im allgemeinen zeigen obige Materialerträge, daß die durchschnittliche Standortsgüte der einzelnen Länder folgenden Bonitäten der Burckhardtschen Normalertragstafeln annähernd entspricht, wenn man den Haubarkeits-Durchschnittsertrag bei 100 Jahren als Maßstab benützt:

| | | Buchen | Fichten | Kiefern |
|---|---|---|---|---|
| Preußische | Staatsforste | IV | V | IV |
| Bayerische | ,, | III—IV | IV—V | III |
| Württembergische | ,, | II—III | IV | II |
| Badische und sächsische | ,, | II | III—IV | I—II |
| Elsaß-lothringische | ,, | IV | V | IV |
| Mähren und Kärnten, | Gesamtwald | IV | IV | — |
| Ober- u. Niederösterreich, Schlesien | ,, | III | IV | II—III |
| Böhmen, Salzburg und Steiermark | ,, | V | IV | III |
| Tirol und Krain | ,, | V | IV—V | — |
| Galizien und Bukowina | ,, | IV | V | — |
| Frankreich, | Staatsforste | III—IV | IV—V | III |
| ,, | Kommunalforste | IV—V | V | III—IV |

§ 39. Die Rohstoff-Erzeugung in der Forstwirtschaft ist, wie bereits gezeigt, als eine allmähliche Aufspeicherung derjenigen organischen Stoffe aufzufassen, welche den alljährlich sich summierenden chemischen Arbeitsleistungen des Sonnenlichtes ihren Ursprung verdanken. Die im vorstehenden berechneten Wärme- und Kraftvorräte, welche in einem 100 jährigen Holzbestande enthalten sind und die durch dessen Verbrennung freigemacht werden können, sind die Summen derjenigen Anteile von 100 Sommerwärmen, welche das Chlorophyll der Blätter in jeder Vegetationsperiode zu chemischer Energie zu fixieren vermochte. Diese Summierung von Kraft aus zeitlich weit auseinander liegenden Perioden, die oft das durchschnittliche Menschenalter um ein mehrfaches übertreffen, ist charakteristisch für den Produktionsgang in der Waldwirtschaft und unterscheidet sie namentlich scharf von der Landwirtschaft, die meistens alljährlich die Erzeugnisse der abgelaufenen Vegetationsperiode erntet. Aus diesem Grunde spielt die Zeit eine so wichtige Rolle in der Erörterung der Ziele der Forstwirtschaft und in der Bemessung ihrer Ergebnisse. In dem ungestörten Wirken der Natur im Urwalde ist die Lebensdauer der Bäume begrenzt durch die elementaren Gewalten der Stürme, welche die überalten, oft schon von Fäulnis oder von Insekten angegriffenen Stämme niederwerfen und so einer

1) Huffel, a. a. O. S. 406 ff.

jungen aus Samen nachwachsenden Generation von Bäumen Platz machen. Im wirtschaftlich behandelten Walde aber ist die Bestimmung der Hiebsreife der Bäume oder ganzer Bestände wesentlich durch Erwägungen wirtschaftlicher Natur geleitet. Der Gebrauchswert, den die einzelnen Holzarten bei verschiedenen Altersstufen für die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse haben, sowie die Rücksichten auf billige, zweckmäßige Verjüngung, endlich der Wunsch nach möglichst baldigem Fruchtgenuß und sonstige oft nur örtliche Rücksichten (bei Berechtigungen, Weide usw.) bilden die Ursachen, weshalb man planmäßig die gleichartigen Bestandsformen in einem Walde ein bestimmtes Durchschnittsalter erreichen läßt. Der Zeitraum von der Bestandesbegründung bis zum mittleren Abtriebsalter heißt die Umtriebszeit. Kommen in einem Walde verschiedene Holzarten, räumlich voneinander getrennt, oder verschiedene Betriebsarten vor, so veranlaßt dies häufig die Einführung zweier oder mehrerer verschiedener Umtriebszeiten nebeneinander, von denen jede einen gewissen Flächenteil, eine gewisse Anzahl Bestände umfaßt, und man nennt einen solchen Verband von Beständen mit einerlei Umtriebszeit eine Betriebsklasse. Je nach der Waldgröße und nach den wirtschaftlichen Interessen der Besitzer erfolgen nun die Holzernten entweder nur gelegentlich bei eintretendem Bedarf, bei dringender Hiebsreife und sonstigen Veranlassungen, oder es werden planmäßig alljährlich Nutzungen aus den ältesten Beständen entnommen; den ersteren Nutzungsgang heißt man aussetzenden Betrieb, den zweiten aber jährlichen Betrieb.

Der letztere setzt, wenn er streng durchgeführt werden, d. h. wenn alljährlich Holz vom mittleren Hiebsreife- oder Abtriebsalter (Umtriebszeit) genutzt werden soll, das Vorhandensein einer gewissen Anzahl von Altersstufen in bestimmter Abstufung voraus (vgl. den Abschnitt über Forsteinrichtung, Bd. III, S. 311 ff.).

Man hat den jährlichen Betrieb wohl auch, im Gegensatz zum aussetzenden, als Nachhaltbetrieb bezeichnet, allein diese Gleichstellung der beiden Begriffe ist nicht einwandfrei und muß zu Mißverständnissen führen, ebenso wie unter einem aussetzenden Forstbetrieb nicht ein solcher zu verstehen ist, der gegen den Grundsatz der Nachhaltigkeit verstößt. Man muß unterscheiden zwischen dem aussetzenden Nachhaltbetrieb und dem jährlichen Nachhaltbetrieb und das Gegenteil dieser beiden Formen einer nachhaltigen Forstwirtschaft bezeichnet man als Raubbau.

Die Judeich'sche Definition des forstlichen Nachhaltbetriebes, wonach „ein Wald nachhaltig bewirtschaftet wird, wenn man für die Wiederverjüngung aller abgetriebenen Bestände sorgt, so daß dadurch der Boden der Holzzucht gewidmet bleibt", ist erschöpfend; sie bedarf keines weiteren einschränkenden Zusatzes, wenn man vom Nachhaltbetriebe schlechthin spricht. Während man aber beim aussetzenden Nachhaltbetriebe nicht alljährlich im Walde nutzt und verjüngt, gilt diese wirtschaftliche Forderung für den jährlichen Nachhaltbetrieb, und von einer jährlichen Nachhaltsforstwirtschaft im strengsten Sinne wird man nur dann sprechen können, wenn man die Jahresnutzung (der Masse oder dem Werte nach) dem erfolgten Zuwachse (nach Masse oder Wert) gleichstellt und für die sofortige Wiederaufforstung oder Wiederverjüngung aller abgenutzten Bestände sorgt. Man versteht also unter der strengsten Nachhaltigkeit im jährlichen Forstbetriebe die wirtschaftliche Forderung, daß eine gewisse Fläche dauernd der Holzerzeugung dienen soll, indem alle Flächenteile nach der Holzernte wieder mit Holzpflanzen bestockt werden, und daß ferner der Nutzungsgang so eingerichtet wird, daß der alljährlich im ganzen Walde sich erzeugende Zuwachs in

Form eines gleich großen oder gleichwertigen Quantums haubaren Holzes vom normalen Alter der Umtriebszeit zur Nutzung kommt. Diese Art der Nachhaltigkeit verlangt hiernach die Herstellung des Gleichgewichts zwischen Erzeugung und Nutzung, also das Gleichbleiben des einer jeden Umtriebszeit entsprechenden stehenden Holzvorrats (nach Masse oder Wert) im normal beschaffenen Walde, innerhalb Jahresfrist, während bei den weniger strengen Formen der forstlichen Nachhaltswirtschaft, insbesondere bei dem aussetzenden Nachhaltbetrieb, der Holzvorrat Schwankungen unterworfen ist, so daß er nur nach einer gewissen Reihe von Jahren wieder auf den jetzt vorhandenen Stand gebracht wird. Zwischen der jährlichen Nachhaltsforstwirtschaft strengster Form und dem aussetzenden Nachhaltbetriebe liegen eine Reihe von Zwischenstufen.

Für den Forstbetrieb im großen Maßstabe, wie ihn der Großgrundbesitz, der Gemeinde- und Staatswaldbesitz darstellt, ist die auf den Grundsatz der Jahresnachhaltigkeit gegründete Forstwirtschaft eine gewisse Notwendigkeit, von der man sich prinzipiell nicht ungestraft entfernen darf, die aber in bezug auf die strenge Durchführung der Gleichheit der jährlichen Nutzungsgrößen gewisser Modifikationen fähig ist und fähig sein muß, wenn anders das Prinzip der Wirtschaftlichkeit nicht hintangesetzt werden soll.

Es ist hierbei stets zu beachten, daß erst innerhalb der durch das Rentabilitätsprinzip gezogenen Grenze das Prinzip der strengsten jährlichen Nachhaltigkeit — also im Sinne der dauernden Erhaltung des Waldkapitals (Waldvermögens) — volle Geltung beanspruchen kann.

Uebrigens lassen sich selbst dort, wo die Wirtschaft auf strengste jährliche Nachhaltigkeit eingerichtet ist, aus verschiedenen Gründen jährlich gleiche Reinerträge aus der reinen Waldwirtschaft nur sehr schwer erzielen. Die strengste jährliche Nachhaltigkeit erleidet Störungen z. B. durch Elementarereignisse oder Schädlinge aus dem Tier- oder Pflanzenreiche oder durch fehlerhafte Schätzungen bei der Ertragsregelung oder durch außerordentliche, in besonderen Notfällen des Waldbesitzers vorgenommene Nutzungen. Außerdem schwanken Bedarf und Nachfrage nach den Erzeugnissen des Waldes, insbesondere des Holzes, und im Zusammenhang damit steht das Steigen und Sinken der Holzpreise. Da aber die finanziellen Anforderungen der Waldbesitzer an ihre Forsten gegen frühere Zeiten sehr erheblich gestiegen sind, so wird nicht nur auf möglichst hohe, sondern auch auf möglichst gleichmäßige Einnahmen aus dem Walde allenthalben großer Wert gelegt. Um alle jene teils periodischen, teils jährlichen Störungen der strengsten Nachhaltigkeit auszugleichen, bedarf die Forstwirtschaft wie jede andere größere wirtschaftliche Unternehmung einer Reserve, aus der sie in schlechten Zeiten schöpfen und die entstehenden Ausfälle nach Möglichkeit decken kann. Während nun die Forstleute, insbesondere die Forsteinrichter, früher der Bildung von Holzreserven das Wort redeten, die nicht jederzeit geeignet sind, die Schwankungen der Erträge auszugleichen, die ferner dem ökonomischen Prinzip nicht entsprechen und in der Regel eine Benachteiligung der gegenwärtigen Generation zugunsten einer künftigen bedeuten, sucht man der Lösung dieser namentlich in letzter Zeit aktuell gewordenen Reservefonds-Frage durch die Bildung von Geldreserven näher zu kommen. In einigen Staaten ist sie bereits auf gesetzlichem Wege geregelt; eine Reihe waldbesitzender Gemeinden und Städte haben gleichfalls Forstreserve- und Ausgleichsfonds errichtet. Allein die ganze Frage befindet sich allem Anscheine nach noch im ersten Stadium ihrer Entwickelung, und man wird nicht fehlgehen in der Annahme, daß wie auf anderen Gebieten wirtschaftlicher Unternehmungen, so auch in der Forstwirtschaft allmäh-



lich mehr und mehr einer rationellen, durch forsttechnische Rücksichten geleiteten Waldwirtschaft eine Geldwirtschaft an die Seite treten wird, um den Betrieb von den Fesseln der strengsten jährlichen Nachhaltigkeit zu befreien und damit freier und rentabler zu gestalten.

Unter Raubbau, im Gegensatz zur Nachhaltswirtschaft, versteht man eine solche Waldbehandlung, welche das Gleichgewicht zwischen Zuwachs und Nutzung dauernd stört, indem entweder die Holzernten über das Maß des nachhaltigen Ertrages dauernd gesteigert werden und dadurch den stockenden Holzvorrat ganz oder zum großen Teile aufzehren, oder indem die Wiederverjüngung der Schlagflächen unterlassen oder geschädigt wird, oft auch indem die Ertragsfähigkeit des Bodens durch Entfernung der Streu oder des Humus dauernd sinkt. Da die bereits vorhandenen Holzbestände ein Erzeugnis vieljähriger Vegetationsperioden der Vergangenheit sind, so erfordert die Erziehung haubarer Bestände von Umtriebszeiten, die 6—8 Jahrzehnte übertreffen, eine konsequent durch 2—3 Generationen von Waldbesitzern durchgeführte Sparsamkeit und Enthaltsamkeit, weil auch die noch nicht ganz hiebsreifen Bestände einen Gebrauchswert haben und von dem Besitzer nur mit einer gewissen Uneigennützigkeit und moralischen Aufopferung seinem Besitznachfolger unberührt übergeben werden können. Diese Selbstverleugnung oder konservative Tendenz wird bei den kleinen Waldbesitzern zwar oft durch die Ortssitte und eine Hervorkehrung des eigenen behäbigen Wohlstandes in einem ansehnlichen Holzvorrat begünstigt, häufiger aber zwingen wirtschaftliche Notlage, augenblicklicher Geldbedarf, Mißernten und andere Kalamitäten die Besitzer zum Gegenteil, zur Vorwegnahme künftiger Holznutzungen und zum Verlassen der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit, womit gewöhnlich der Ruin dieser Wälder eingeleitet ist.

Die Nachhaltigkeit der Waldbenutzung ist als Grundsatz für die Staatsforsten in der Regel durch die Staatsgrundgesetze und Verfassungen sanktioniert, für Gemeinde- und Körperschafts-, Instituts- und sonstige Fondsforste meistens ebenfalls mit Gesetzeskraft verfügt und beruht bei Fideikommissen und Nutznießern auf privatrechtlichen Bestimmungen. Praktisch durchführbar ist aber eine auf Nachhaltigkeit gegründete Wirtschaft nur auf Grund sorgfältiger Ertragsermittelungen und einer planmäßigen Ordnung des ganzen Nutzungs- und Verjüngungsbetriebes, weshalb die Aufstellung von Wirtschaftsplänen und deren beharrliche allmähliche Durchführung die erste Voraussetzung einer rationellen und geordneten Waldwirtschaft bildet.

Wenn man seinen Blick über die Grenzen der Staats- und der unter staatlicher Aufsicht stehenden Waldungen hinaus auf die zahlreichen Privatwälder richtet, wenn man ferner die Verbrauchsverhältnisse des In- und Auslandes ins Auge faßt, so erhebt sich von selbst die Frage, wie verhält sich die Gesamterzeugung an Holz zu dem Gesamtverbrauche innerhalb eines größeren Ländergebietes. Diese Frage hat schon im XVIII. Jahrhundert, wie im Eingange erwähnt, die Geister beschäftigt und fand ihren Ausdruck in der damals allgemein verbreiteten Befürchtung eines kommenden Holzmangels. In neuester Zeit ist diese Frage wieder angeregt worden durch einen Bericht des Forstinspektors Mélard beim internationalen Forstkongreß zu Paris 1900 über „die Nutzholzproduktion der Welt". Mélard stellte auf Grund der Zollstatistik die Ein- und Ausfuhrmengen an Nutzholz, welche die einzelnen Länder im Jahre 1898 und zum Teil 1894—98 verzeichneten, zusammen und suchte so eine Bilanz der Einfuhr und Ausfuhr, zugleich aber auch ein Bild des internationalen Nutzholzhandels zu entwerfen. So betrachtet, teilen sich die einzelnen Länder in zwei Gruppen: 1. die Nutzholz mehr ein-



als ausführenden und 2. die solches mehr aus- als einführenden Länder. Zu der ersteren Gruppe gehören England mit damals ca. 12 Millionen Festmeter Nutzholz-Defizit pro Jahr, Deutschland mit 7,4[1]) Millionen cbm, Belgien mit ca. 1,5 Millionen cbm, Frankreich mit 2½ Millionen cbm, Italien mit 0,7 Mill. cbm, woran sich noch Spanien, Portugal, Holland, Dänemark, die Schweiz, Griechenland, Serbien, Bulgarien und von außereuropäischen Ländern die Kapkolonie, Argentinien, China und Japan anreihen, deren Mehr-Einfuhr sich nur annähernd berechnen läßt. Insgesamt haben diese Länder einen Mehrbedarf an Nutzholz im Werte von 943,9 Millionen Mark pro Jahr. Die Gruppe der überwiegend Nutzholz ausführenden Länder setzt sich zusammen aus Oesterreich-Ungarn mit einem Ueberschusse der Ausfuhr von ca. 5,3 Millionen cbm Nutzholz, Schweden mit ca. 6,4 Millionen cbm, Rußland mit 7,3 Millionen cbm, Finnland mit 3,3 Millionen cbm, Norwegen mit ca. 1,5 Millionen cbm, wozu noch Kanada, die Ver. Staaten von Nord-Amerika, Britisch Indien und Rumänien hinzutreten, deren Export sich nicht nach cbm schätzen läßt; dem Werte nach ist insgesamt der Ausfuhr-Ueberschuß dieser Länder auf 728,3 Millionen Mark geschätzt. — Das Bedenkliche ist nach Mélard einerseits die starke Progression, in welcher die großen Industriegebiete ihre Einfuhr steigern (z. B. England von 3,8 Millionen cbm im Jahre 1860 auf 10,2 Millionen cbm im Jahre 1890 und 12,5 Mill. cbm im Jahre 1898), anderseits die Abnahme oder wenigstens das Beharren der Ausfuhr in den meisten Ländern der zweiten Gruppe.

Diese Frage hat mittlerweile verschiedene Gegenäußerungen hervorgerufen, welche sich teils auf den pessimistischen Standpunkt Mélards stellen, teils aber eine optimistischere Perspektive eröffnen, insofern, als die Produktions-Verhältnisse großer Gebiete, z. B. Rußlands, noch einer erheblichen Steigerung bzw. Erschließung fähig sind und sich durch die Statistik jetzt nur unvollkommen darstellen lassen, so daß die Frage, *ob die Weltwirtschaft sich gegenwärtig im Zustande eines reinen Raubbaues an Nutzholz befinde*, noch als eine offene zu betrachten ist, da sie erst durch eine genauere Produktionsstatistik beantwortet werden kann.

### 2. Die menschliche Arbeit als Produktionsfaktor in der Forstwirtschaft.

§ 40. Die Naturkräfte, welche sich am Assimilations- und Wachstumsprozesse der Pflanzen beteiligen, bewirken für sich allein noch keine Produktion in wirtschaftlichem Sinne, vielmehr geschieht dies erst *durch den Aufwand menschlicher Arbeitskraft, welche auf die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse gerichtet ist*. Aber der Grad dieses Arbeitsaufwandes ist in den verschiedenen Betriebsarten der Forstwirtschaft ein sehr verschiedener, je nachdem sie sich mehr der rohen Form primitiver Okkupation nähern oder den arbeitsintensiveren landwirtschaftlichen Betrieben nachgebildet sind, wie z. B. der Schälwaldbetrieb, die Weidenheeger-, die Waldfeldbau-Wirtschaft. Im allgemeinen ist es ein schon seit langer Zeit anerkannter Satz, daß der Waldbau zu den extensiveren Formen der Bodenbewirtschaftung gehört [2]), d. h. daß er vermöge

1) Heute beträgt die Nutzholzmehreinfuhr des Deutschen Reiches über 14 Mill. fm (in Rundholz umgerechnet).

2) Interessant und, wie uns scheint, wenig bekannt ist ein hierauf bezüglicher merkwürdiger Ausspruch des bekannten Naturforschers M. de *Buffon* in seinem Mémoire sur la culture des forêts (Hist. de l'Acad. Roy. année 1742) S. 238, worin er nach Schilderung der Mißerfolge, die er mit dem Aufwand von viel Bodenbearbeitung in seinen Eichenkulturen hatte, wörtlich also fortfährt:

„Je l'ai dit et je le répète, on ne peut trop cultiver la terre, lorsqu'elle nous rend tous les ans le fruit de nos traveaux; mais lorsqu'il faut attendre vingt-cinq ou trente ans pour jouir,

seines langsamen Produktionsganges nicht den Aufwand von viel Arbeit verlohnt, aber auch ohne Düngung, Bodenbearbeitung und alljährlichen Aufwand an Saatgut etc. Erträge abwirft.

Während in den extensivsten Formen der Exploitation großer Waldgebiete, wie sie z. B. in Kanada betrieben wird, nur die Arbeitsaufwendungen für Zugutemachung und Bringung der Hölzer in Betracht kommen, findet in der auf Nachhaltigkeit der Nutzung, d. h. Wiedererzeugung von Beständen an Stelle der abgeholzten, fußenden geregelten Forstwirtschaft eine Reihe von hierauf gerichteten Arbeitsteilen von Kulturtätigkeit, Bestandespflege und Wegebau Anwendung, und in Kulturländern mit einigermaßen dichter Bevölkerung wird man in der Regel außerdem die technisch höher stehenden Arbeitsleistungen für Schutz und für die Betriebsführung nebst sämtlichen Verwaltungs-Geschäften entwickelt finden. Um eine beiläufige Vorstellung von der Arbeitsmenge zu geben, welche in einem größeren Forsthaushalte erfordert wird, seien nachstehende Angaben verschiedener Schriftsteller angeführt:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nach | Hundeshagen[1]) | kommen durchschn. auf je 1 qkm (=100 ha) | Hochwald | 235 | Arbeitstage |
| „ | Frhr. v. Berg[2]) | im Tharandter Revier „ „ „ „ | „ | 567 | „ |
| „ | „ „ „ | im Kupferhütter Reviere „ „ „ „ | „ | 925 | „ |
| „ | Bernhard[3]) | bei Hochwaldbetrieb „ „ „ „ | „ | 625 | „ |
| | | | | 49 | Fuhrlohntage |
| „ | „ | bei Haubergswirtschaft „ „ „ „ | „ | 1390 | Arbeitstage. |

Andere Erfahrungssätze [4]) liegen aus der Tuchler Heide von 75516 ha Größe vor; daselbst waren ständig beschäftigt 141 Schutzbedienstete, Aufseher und Waldwärter, ca. 1100 Waldarbeiter, 110 Fuhrleute, 35 Arbeiterinnen, in Sa. 1386 Personen ständig. Nebenerwerb bezogen 805 Taglöhner, 260 Holzfuhrleute, 2300 Sammler von Raff- und Leseholz, Beeren und Pilzen, 360 Sammler von Gras und 620 von Kiefernzapfen. Dagegen beschäftigte die Oberförsterei Köpenik bei Berlin mit ca. 8000 ha Wald 520 ständige und nicht ständige Waldarbeiter, sowie 2260 Sammler von Leseholz, Streu und Zapfen. In der Forstinspektion Schleusingen, 22845 ha groß, fanden 45 Schutzbedienstete, 481 Waldarbeiter, 164 Holzfuhrleute ihre Haupterwerbsquelle, während 722 Taglöhner, 171 Fuhrwerke einen Nebenerwerb erhielten, wie dies außerdem bei 7200 Sammlern von allerlei Nebennutzungen der Fall war. Insgesamt beteiligten sich also 8783 Personen an Arbeitsleistungen im Walde, wobei allerdings ein großer Teil nur im gewonnenen Erzeugnisse selbst seine Entlohnung fand. Nach den amtlichen Mitteilungen aus der Abteilung für Forsten des Kgl. Preuß. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, 1904 (S. 42 und 43), waren im Etatsjahr 1904 in der Preuß. Staatsforstverwaltung 156772 Waldarbeiter beschäftigt mit ungefähr 10479589 Arbeitstagen oder 34932 Vollarbeiter. Da die Staatswaldfläche Preußens in diesem Jahre 2847930 ha betrug, so kamen auf je 100 ha im Durchschnitt 368 Arbeitstage, und auf einen vollbeschäftigten Arbeiter (300 Tage) treffen hiernach 82 ha.

Eine umfassende statistische Behandlung haben in neuester Zeit die Waldarbeiterverhältnisse in den bayerischen Staatswaldungen erfahren[5]). Aus der

lorsqu'il faut faire une dépense considérable pour arriver à cette jouissance, on a raison d'examiner, on a peut-être raison de se dégoûter. Le fonds ne vaut que par le revenu, et quelle différence d'un revenu annuel à un revenu éloigné, même incertain!"

Ist hier nicht der Grundgedanke der Reinertragstheorie klar ausgesprochen?

1) Hundeshagen „Encyklopädie der Forstwissenschaft". Tübingen 1835.

2) v. Berg „Staatsforstwirtschaftslehre". Leipzig 1850.

3) Bernhardt „Waldwirtschaft und Waldschutz". Berlin 1869.

4) „Der Wald und die Arbeiter". (Nordd. Allg. Ztg. März 1884).

5) „Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns", herausgegeben von der Ministerial-Forstabteilung des Kgl. Staatsministeriums der Finanzen, 10. Heft; München, 1910.

interessanten und für sozialpolitische Fragen sehr beachtenswerten Arbeit seien folgende Zahlen herausgegriffen:

Die Gesamtzahl der im Kalenderjahre 1908 in den bayerischen Staatswaldungen beschäftigten Personen (ohne Rücksicht auf ihre längere oder kürzere Beschäftigungsdauer) betrug: 74 656, darunter nur 2% Nichtreichsangehörige. Davon waren: 58% Männer, 23% Frauen, 9% Knaben, 10% Mädchen (die unter 16 Jahre alten Personen als „Knaben" und „Mädchen" bezeichnet). Die Gesamtzahl der mit Erhebung und Auszahlung der Löhne beauftragten Rottmeister betrug 1042; außerdem waren noch 956 ständige Vorarbeiter beschäftigt, so daß im Durchschnitt auf etwa 37 beschäftigte Personen je ein Vorarbeiter traf. — Der Berufsstellung oder Herkunft nach waren: 18% Waldarbeiter im Hauptberuf und Familienangehörige von solchen;
51 „ landwirtschaftl. Kleingütler und Familienangehörige von solchen;
12 „ gewerbliche Saisonarbeiter und Familienangehörige von solchen;
18 „ Berufslose, Taglöhner usw. und Familienangehörige von solchen;
1 „ Invaliden- und Altersrentner pp.

Speziell von den Männern waren: 22% Waldarbeiter im Hauptberuf,
47 „ landwirtschaftliche Kleingütler,
16 „ gewerbliche Saisonarbeiter,
13 „ Berufslose, Taglöhner,
2 „ Invaliden etc.

Schon aus diesen Zahlen ergibt sich, daß infolge der Eigenart des Forstbetriebs die Arbeit im Walde in weit überwiegendem Maße als Nebenbeschäftigung betrieben wird, und daß sog. „ständige Waldarbeiter" im großen Durchschnitt nur in geringer Zahl vorhanden sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß dem Begriff „Waldarbeiter im Hauptberuf" eine ziemlich weitgehende Auslegung gegeben worden ist. Sieht man als Hauptberuf nur eine solche Beschäftigung an, die dem Arbeiter mindestens ⅔ des Jahres hindurch, d. h. 200 Tage — das Jahr zu 300 Arbeitstagen gerechnet — seinen Lebensunterhalt verschafft, so verringert sich die Zahl der hauptberuflichen Waldarbeiter noch erheblich, nämlich auf 9% aller Männer und auf 6% der Gesamtzahl der Waldarbeiter. Die Beteiligung der berufsmäßigen Waldarbeiter an der Arbeit im Walde schwankt nach einzelnen Waldgebieten sehr: nach der Eingliederung der Forstämter zwischen 3,6 und 56,8%, nach dem Grenzbegriff einer Beschäftigungsdauer von mindestens ⅔ des Jahres aber nur zwischen 1,2 und 28,0% der Männer.

Am stärksten vertreten sind die „Waldarbeiter im Hauptberuf" naturgemäß in ausgedehnten Waldkomplexen, wie im Fichtelgebirge (56,8 bzw. 28,0%), im Frankenwald (49,9 bzw. 21,3%), und im bayer. Wald (46,9 bzw. 13,2%). Im Hochgebirge sind nur noch 39,1 bzw. 12,1% solcher Arbeiter beschäftigt, und in der Rhön treten sie ganz zurück. Hier stehen nur 3,6 bzw. 1,2% Waldarbeiter im Hauptberuf 70,4% Kleingütlern und 18,0% gewerbl. Saisonarbeitern gegenüber.

Noch mehr tritt die Eigenart der forstlichen Arbeiterverhältnisse aus folgenden Zahlen hervor. Im Jahre 1908 waren beschäftigt:

| | von sämtlichen Waldarbeitern | | von den Männern | |
|---|---|---|---|---|
| Tage | Zahl | % | Zahl | % |
| über 250 | 1245 | 2 | 1203 | 3 |
| 201—250 | 2906 | 4 | 2848 | 6 |
| 151—200 | 4776 | 6 | 4503 | 10 |
| 101—150 | 7344 | 10 | 6312 | 15 |
| 51—100 | 15705 | 21 | 11739 | 27 |
| 26—50 | 15987 | 21 | 8043 | 19 |
| 1—25 | 26693 | 36 | 8459 | 20 |

Hieraus ergibt sich, daß selbst die Zahl derjenigen Arbeiter, welche wenigstens die Hälfte des Jahres hindurch sich mit Waldarbeit beschäftigen, nur 12% beträgt. Es sind demnach 88%, d. i. fast $^{9}/_{10}$, aller im Walde beschäftigten Personen weniger als ein halbes Jahr dort in Arbeit, und von ihnen erreicht wieder der größte Prozentsatz nicht einmal eine Beschäftigungsdauer von einem Monat. Es ergibt sich ferner daraus, daß für Männerarbeit — Holzfällung und Wegebau — anhaltendere Arbeitsgelegenheit sich bietet, als für Frauenarbeit — Kulturen. Dagegen beweist die große Zahl von im Walde beschäftigten Kleingütlern, daß Land- und Forstwirtschaft sich vortrefflich ergänzen.

Im Jahre 1908 wurden in den bayer. Staatswaldungen im ganzen 4 535 883 Tagschichten geleistet. Die Arbeit verteilt sich ziemlich gleichmäßig auf Tag- und Stücklohnsarbeit; es waren 46% Taglohnschichten und 54% Stück- oder Akkordlohnschichten. Mehr als die Hälfte hiervon nimmt die Holzernte (Holzfällung und -Bringung) in Anspruch, nämlich 59%, und zwar ist sie weit überwiegend Akkordarbeit (88%). Der Rest der geleisteten Tagschichten verteilt sich mit

11 % auf Wegbauten,
24 „ „ Forstkulturen und
6 „ „ sonstige Betriebsgeschäfte.





Hierbei hat nur im Wegebau die Akkordarbeit mit 21% noch einige Bedeutung; bei den übrigen Arbeitszweigen tritt sie gegenüber der Taglohnarbeit fast ganz zurück.

Da die Gesamtzahl der Waldarbeiter 74 656 beträgt, so kommen auf einen Arbeiter im Durchschnitt $\frac{4\,535\,883}{74\,656}$ = 61 Arbeitstage, d. i. knapp 2½ Monate.

Dividiert man die im Jahre 1908 geleisteten Tagschichten mit der Zahl der Arbeitstage eines Jahres (300), so ergibt sich als Zahl der „Vollarbeiter" 15 119; diese Zahl stellt also das Mindestmaß von Arbeitskräften dar, welches bei ständigem Betrieb und ununterbrochener Beschäftigung zur Erzeugung der gleichen Arbeitsleistung nötig wäre, welche jetzt 74 656 Personen vollbringen (also etwa $^1/_5$ der wirklich Beschäftigten).

Da die produktive Staatswaldfläche Bayerns 819 844 ha beträgt, so kommen auf je 100 ha im Durchschnitt 553 Arbeitstage oder rund 9 Personen, und auf einen vollbeschäftigten Arbeiter (300 Tage) treffen hiernach 54 ha. Die Forsten des bayer. Waldes erfordern im Verhältnis zur Fläche den größten Arbeitsaufwand (918 Arbeitstage pro 100 ha), das Hochgebirge den geringsten (371 Arbeitstage); die Arbeitsaufwände der übrigen Waldgebiete liegen zwischen diesen beiden Zahlen.

Alle diese Beispiele beziehen sich nur auf Staatsforste; im kleinen Privatbesitze gestaltet sich das Verhältnis insofern wesentlich anders, als die bezahlte Lohnarbeit daselbst sehr oft ganz wegfällt, indem der Besitzer mit seinen Familienangehörigen alle Geschäfte selbst verrichtet und die geernteten Erzeugnisse in seiner eigenen Hauswirtschaft verbraucht. Eine solche Waldwirtschaft im kleinsten Maßstabe bietet dann das Bild der reinen Naturalwirtschaft, während sich in der Gemeindewirtschaft die mannigfaltigsten Uebergangsformen von einer durch Losholzgenuß und Fronarbeit aller Empfangsberechtigten charakterisierten Wirtschaft zur Geldwirtschaft mit freiem Verkauf der Erzeugnisse und Lohnarbeit vorfinden; — erstere herrscht mehr in den rein bäuerlichen Gemeinden, letztere in Fabrikorten.

Ihrer Art nach ist die Arbeit im Forstbetriebe größtenteils eine schwere, die große körperliche Rüstigkeit vom Arbeiter verlangt, um während der rauhen Jahreszeit die beschwerliche und zuweilen gefahrvolle Fällung und Bringung bewerkstelligen zu können; hierbei ist besonders zu beachten, daß die Witterung der Stetigkeit der Arbeit hinderlich ist und viele Tage im Jahr die Arbeit ruhen muß. Auch die weiten Wege von den Ortschaften zur Arbeitsstelle im Walde veranlassen viel Verlust an Zeit und Kraft. Hinzu kommt, daß die Waldarbeit nicht überall in gleichem Verhältnisse bezüglich der Löhne gestiegen ist wie die meisten übrigen Kategorien der Arbeit, indem, wie Fribolin für Württemberg nachwies, innerhalb der Zeit von 1847—73 der Lohn gewöhnlicher Tagelöhner um 105%, jener der Waldarbeiter im Taglohn nur um 63%, bei Akkordarbeit aber nur um 43% stieg. Analog war das Verhältnis in Westfalen, wo z. B. in Arnswalde seit 1822—71 der Lohn der Holzspalter um 100%, der Maurer um 75%, hingegen der Waldarbeiter nur um 33% zugenommen hat. Ob diese Zahlen der heutigen Zeit noch entsprechen, ist allerdings recht fraglich, denn in den letzten Jahrzehnten sind auch die forstwirtschaftlichen Arbeitslöhne erheblich in die Höhe gegangen. So betrug z. B. in den bayer. Staatswaldungen die Steigerung der im Jahre 1909 durchschnittlich bezahlten Taglöhne gegenüber den Taglöhnen im Jahre 1905 für die Männer 42 Pfg. = 21%. In den badischen Domänenwaldungen stieg der Lohn in der Hiebszeit für 1 Tag Männerarbeit im Zeitraume von 1899 bis 1908 um 23%, in der Kulturzeit dagegen für 1 Tag Männerarbeit um 27%, für 1 Tag Frauenarbeit um 25%. — Auch ergibt sich aus der bayer. Forstarbeiter-Statistik, daß die Steigerung der Hauerlohnsätze mit der aufwärts gehenden Bewegung der Holzpreise ungefähr gleichen Schritt gehalten hat. Die Einnahme aus Holz pro Fm stieg von 1900 bis 1911 um 48%, die Gewinnungskosten (Hauer- und Bringerlöhne) um 45%.

Außer den schweren Fällungsarbeiten finden noch eine Reihe leichterer Beschäftigungen bei Kulturen u. dgl. statt, wo Frauen und Kinderarbeit zulässig ist,



um an Kosten zu sparen und um der ärmeren Klasse in den Walddörfern Gelegenheit zum Verdienst zu geben.

Wegen der größtenteils mit Gefahren verknüpften Holzfällung und -Bringung ist es sehr ratsam, durch umfassende Versicherungsanstalten die Mittel bereit zu stellen, um bei voraussichtlich eintretenden Unfällen nach Möglichkeit Hilfe gewähren zu können, weshalb schon seit alter Zeit in einzelnen Gegenden Deutschlands Kranken- und Unterstützungskassen im großen Forstbetriebe üblich sind, während die reichsgesetzliche Regelung der Unfall-, Kranken-, Invaliden- sowie der Witwen- und Waisen-Versicherung einen gleich humanitären Zweck erstrebt.

§ 41. Auch in der Staatsforstwirtschaft sind in Form von Berechtigungen und Vergünstigungen noch viele Reste der Naturalwirtschaft bestehen geblieben, insbesondere in den Alpen und einzelnen großen Waldgebieten, d. h. wenn man nicht das Rechtsverhältnis als solches, sondern den wirtschaftlichen Vorgang bei der Nutzungsteilung ins Auge faßt. In den nicht mit Berechtigungen belasteten Waldungen dagegen geben, mit Ausnahme der Leseholznutzungen u. dgl., die Lohnabrechnungen genaue Aufschlüsse über die Höhe der für die verschiedenen Arbeitsteile gemachten Aufwendungen an Arbeit. Während man dieselben nach Dr. Danckelmann[1]) im Anfange der 1880er Jahre für Holzhauerlöhne, Kulturarbeiten und Wegbau noch annehmen konnte:

| | | |
|---|---|---|
| in Preußen | = | 5,2 M. pro ha und Jahr, |
| „ Sachsen | = | 6,5 „ „ „ „ „ |
| „ Elsaß-Lothringen | = | 9,1 „ „ „ „ „ |
| „ Württemberg | = | 12,6 „ „ „ „ „ |
| „ Baden | = | 13,2 „ „ „ „ „ , |

sind sie inzwischen sehr erheblich gestiegen.

Nach den „statistischen Mitteilungen über die Erträge deutscher Waldungen", zusammengestellt von Dr. Schwappach, betrugen die Holzwerbungs-, Kultur- und Wegebaukosten pro ha der gesamten Staatswaldfläche in:

| | im Wirtschaftsjahr 1909 | 1910 |
|---|---|---|
| Preußen | 10,12 M. | 11,47 M. |
| Bayern | 15,38 „ | 15,03 „ |
| Württemberg | 19,59 „ | 19,74 „ |
| Sachsen | 19,75 „ | 19,70 „ |
| Baden | 23,26 „ | 24,04 „ |
| Hessen | 23,08 „ | 22,46 „ |
| Elsaß-Lothringen | 13,19 „ | 13,38 „. |

Indessen ist ein Vergleich dieser Zahlen unter sich nur mit großer Vorsicht möglich, weil in allen gebirgigen Gegenden die Holzbringungs- und Triftkosten, welche eigentlich nur eine Vorauslage für den Käufer sind, zweckmäßiger in Regie der Forstverwaltung als auf Wag' und Gefahr des Käufers gemacht werden und sich in höheren Preisen wieder lohnen. Die Ausgaben pro ha steigen deshalb mit der Intensität der Wirtschaft, welche wiederum von der Bevölkerungsdichtigkeit, Entwicklung der Industrie und Höhe der Holzpreise wesentlich bedingt wird, wie dies z. B. die Angaben aus Preußen für das Jahr 1909 beweisen, wonach von den Gesamtausgaben für den Forstbetrieb und die Forstverwaltung auf das Hektar Gesamtwaldfläche entfielen: im Reg.-Bezirk Königsberg M. 25,18, Danzig 16,36, Potsdam 22,71, Stettin 17,88,

1) Dr. Danckelmann „Die Deutschen Nutzholzzölle". Berlin 1883, Springer.

## Ausscheidung der Ausgaben nach den hauptsächlichsten Verwendungen.

| Staatsforsten in den Regierungs-Bezirken und Ländern | Jahr | Auf 1 ha[1]) entfielen an Ausgaben Mark: Personalaufwand für Verwaltung und Schutz (auß. Kassenführung) | Holzwerbungskosten (Holzhauer-u. Rückerlöhne) | Kulturkosten | Waldwegebaukosten | Aufwand für den Betrieb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Königsberg . . . | 1909 | 6,93 | 10,88 | 3,51 | 3,33 | 18,25 |
| Gumbinnen . . . | — | 6,61 | 7,58 | 1,36 | 3,11 | 14,55 |
| Allenstein . . . | — | 5,48 | 6,39 | 2,12 | 1,13 | 10,89 |
| Danzig . . . . | — | 6,89 | 3,13 | 2,84 | 2,61 | 9,47 |
| Marienwerder . . | — | 6,09 | 3,53 | 1,98 | 2,48 | 9,31 |
| Potsdam . . . . | — | 7,97 | 5,77 | 2,12 | 3,61 | 14,74 |
| Frankfurt a. O. . . | — | 7,02 | 5,39 | 2,11 | 1,05 | 9,65 |
| Stettin . . . . | — | 8,37 | 5,07 | 1,76 | 1,39 | 9,51 |
| Köslin . . . . . | — | 5,56 | 3,60 | 1,63 | 1,21 | 7,28 |
| Stralsund . . . . | — | 10,08 | 8,88 | 2,85 | 1,58 | 14,38 |
| Posen . . . . . | — | 7,06 | 4,83 | 2,25 | 1,27 | 9,51 |
| Bromberg . . . | — | 6,31 | 3,70 | 1,63 | 1,00 | 6,90 |
| Breslau . . . . | — | 10,63 | 10,95 | 1,96 | 2,27 | 16,90 |
| Liegnitz . . . . | — | 10,96 | 5,79 | 1,64 | 1,71 | 11,05 |
| Oppeln . . . . | — | 9,08 | 9,37 | 1,41 | 0,91 | 14,03 |
| Magdeburg . . . | — | 10,03 | 4,71 | 2,84 | 1,28 | 9,84 |
| Merseburg . . . | — | 10,30 | 6,22 | 3,59 | 2,32 | 13,18 |
| Erfurt . . . . | — | 12,87 | 14,66 | 1,43 | 4,33 | 22,27 |
| Schleswig . . . | — | 10,62 | 9,10 | 2,19 | 1,31 | 12,79 |
| Hannover . . . | — | 15,64 | 8,18 | 2,15 | 2,07 | 15,83 |
| Hildesheim . . . | — | 12,19 | 12,17 | 1,11 | 4,17 | 20,28 |
| Lüneburg . . . | — | 8,41 | 6,07 | 1,54 | 1,27 | 10,38 |
| Stade . . . . . | — | 10,06 | 5,11 | 2,40 | 0,56 | 8,94 |
| Osnabrück mit Aurich . . . | — | 10,03 | 5,79 | 1,39 | 1,09 | 9,51 |
| Minden mit Münster | — | 13,64 | 10,74 | 1,63 | 3,63 | 18,14 |
| Arnsberg . . . . | — | 12,69 | 7,17 | 1,89 | 3,48 | 14,98 |
| Kassel . . . . . | — | 12,76 | 6,61 | 1,77 | 2,21 | 11,57 |
| Wiesbaden . . . | — | 20,17 | 9,73 | 1,50 | 2,19 | 15,95 |
| Koblenz . . . . | — | 16,75 | 13,93 | 1,92 | 2,81 | 14,99 |
| Düsseldorf . . . | — | 12,93 | 10,08 | 3,52 | 1,62 | 16,25 |
| Köln . . . . . | — | 12,91 | 9,13 | 2,78 | 1,96 | 18,19 |
| Trier . . . . . | — | 12,26 | 10,18 | 1,98 | 3,05 | 18,39 |
| Aachen . . . . | — | 12,62 | 7,16 | 3,31 | 3,65 | 16,46 |
| Preußen . . . . | — | 8,81 | 6,57 | 2,06 | 2,19 | 12,43 |
| Bayern . . . . | 1860 | 3,59 | 3,31 | 0,63 | 0,50 | — |
| | 1865 | 4,21 | 3,70 | 0,67 | 0,73 | — |
| | 1870 | 4,19 | 3,90 | 0,63 | 0,57 | — |
| | 1875 | 5,77 | 5,06 | 0,89 | 0,94 | — |
| | 1879 | 6,38 | 3,71 | 1,07 | 1,14 | — |
| | 1909 | 10,24 | 10,63 | 2,88 | 3,20 | 19,32 |
| Württemberg . . | 1871/73 | — | 9,2 | 2,6 | 2,6 | — |
| | 1874/76 | — | 10,0 | 2,5 | 3,1 | — |
| | 1877/78 | 8,7 | 9,2 | 2,2 | 3,3 | — |
| | 1909 | 10,65 [2]) | 12,86 | 2,78 | 4,53 | 27,32 [3]) |
| Sachsen . . . . | 1850/59 | 3,67 | 4,25 | 1,06 | 0,6 | — |
| | 1860/69 | 1,40 | 5,41 | 1,01 | 0,9 | — |
| | 1870/79 | 6,46 | 8,11 | 1,07 | 2,1 | — |
| | 1909 | 14,56 | 13,04 | 2,65 | 1,60 | 22,94 |
| Baden . . . . | 1880 | 2,14 | 7,80 | 1,18 | 0,87 | — |
| | 1881 | (Schutz 2,19 | 7,45 | 1,14 | 0,72 | — |
| | 1882 | allein) 2,19 | 7,79 | 1,12 | 0,77 | — |
| | 1883 | 2,18 | 8,31 | 1,18 | 1,15 | — |
| | 1909 | 10,31 | 16,31 | 2,30 | 1,93 | 29,11 |
| Hessen . . . . | 1909 | 8,49 | 11,70 | 5,18 | 3,02 | 24,98 |
| Elsaß-Lothringen . | 1872/82 | 7,43 | 5,98 | 1,81 | 0,76 | — |
| | 1909 | 7,50 | 9,61 | 1,74 | 2,03 | 19,79 |

1) Die Zahlen für das Jahr 1909 sind den Statistischen Mitteilungen in den „Mitteilungen des Deutschen Forstvereins" (Schwappach) entnommen und beziehen sich teils auf die Gesamtwaldfläche, teils auf die Holzbodenfläche (Holzwerbungs-, Kultur-, und Wegebaukosten für Preußen).

2) Ausschließl. Kosten für Forstdirektion. 3) Ausschl. Kosten für Forstbauten.

Posen 16,57, Breslau 27,53, Magdeburg 19,87, Schleswig 23,41, Hannover 31,47, Arnsberg 27,67, Wiesbaden 36,12, Koblenz 31,74.

(Siehe Tabelle Seite 164).

Um die Höhe der Ausgaben in der forstlichen Produktion zwischen verschiedenen Staaten zu vergleichen, wendet man häufig neben der Angabe pro ha auch jene in Prozenten der Brutto-Einnahme an; in diesem Sinne waren die Ausgaben:

(Tabelle siehe Seite 166).

Hieraus ergibt sich also, daß die Schutz- und Verwaltungskosten beiläufig $^1/_7$ bis $^1/_5$, jene für den Betrieb ¼ bis ⅓ der Roheinnahme verbrauchen; übrigens sind die Zahlen nicht immer direkt vergleichbar, weil in einzelnen Staaten noch die Kosten für Forstrechtsablösungen, forstlichen Unterricht und sonstige Sparten unter den Forstausgaben erscheinen.

In den Forstvoranschlägen der Staaten werden diese verschiedenen Kosten, denen noch zahlreiche Arbeitsteile von geringerer Bedeutung, z. B. Kosten des Verkaufes, der Gelderhebung, der Trift, Holzhöfe, Insekten-Vertilgung usw., beizuzählen sind, der Einfachheit halber jährlich in Rechnung gestellt und mit den Einnahmen in Bilanz gebracht. In wirtschaftlichem Sinne freilich sind ein Teil dieser Kosten als Kapitalanlagen zu betrachten, welche nur mit ihren Zinsen, ev. auch mit einer Amortisationsquote, an der Produktion teilnehmen. Bei Vergleichung der Kosten zwischen verschiedenen Ländern sowie bei Verzinsungs- und Rentabilitätsberechnungen müssen deshalb Wegeanlagen und sonstige Meliorationen, Errichtung von Dienstgebäuden sowie Forstrechtsablösungen und dgl. lediglich mit ihrer laufenden Verzinsung den Brutto-Einnahmen gegenüber gestellt werden, so daß die budgetmäßigen Zahlen dazu nicht unmittelbar benützbar sind.

Hinsichtlich der forstlichen Produktionskosten gilt selbstverständlich wie in allen übrigen Zweigen der Produktion die Forderung der Wirtschaftlichkeit, d. h. der weisen Zuratehaltung aller Aufwendungen von Arbeit und Vermögens-(Kapital-)Teilen, um den Zweck mit den möglichst geringen Opfern an diesen zu erreichen. Diese niedrigste Grenze des wirtschaftlich zulässigen Produktionsaufwandes ist aber bei den verschiedenen Intensitätsgraden der Wirtschaft und den einzelnen Betriebssystemen eine sehr ungleiche, wie oben schon dargetan wurde. Es ist daher eine der wesentlichsten Aufgaben des Wirtschafters, die Grenzlinie aufzusuchen, bis zu welcher einem vermehrten Arbeitsaufwand noch eine Einnahme-Erhöhung entspricht, was sowohl örtlich als zeitlich sehr verschieden ist. Solche Erwägungen und Berechnungen leiten den Verwalter in einer Menge von Fragen, die im Betriebe täglich an ihn herantreten, z. B. ob die Aufarbeitung durch den Käufer oder die Eigengewinnung in einem bestimmten Falle nützlicher, ob Stockholzgewinnung noch lohnend sei, ob Reisig in aufgearbeitetem oder losem Zustand zum Verkauf kommen soll, wann die Durchforstungen zu beginnen haben, welche Wegebauten luxuriös oder dringlich, welche Kulturmethoden rentabel seien, ob künstliche oder natürliche Verjüngung den Vorzug verdienen usw. So oft andere Holzpreise, andere Transportentfernungen, andere Löhne unterstellt werden, wird das Ergebnis dieser wirtschaftlichen Berechnungen ein anderes sein, weshalb das eigene Denken des wirtschaftenden Personales nie durch Generalregeln oder durch eine schablonisierende Forsteinrichtung ersetzbar ist. Selbstverständlich ist aber die wirtschaftliche Sparsamkeit nicht zu verwechseln mit der absoluten, welche um jeden Preis die Produktionskosten vermeidet und lieber die Mark Gewinn opfert, um den Pfennig Barauslage zu retten.



## Die Ausgaben in den Staatsforsten in Prozenten der Brutto-Einnahmen.

| Jahrgang | Preußen | | | Bayern | | | Sachsen | | Württembg. | Baden | Hessen | Elsaß-Lothr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Insgesamt | für Schutz und Verwaltung | für Hauerlohn, Kultur, Wegbau | Insgesamt | für Schutz und Verwaltung | für Hauerlohn, Kultur, Wegbau | Insgesamt | für Schutz und Verwaltung | Insgesamt | Insgesamt | Insgesamt | Insgesamt |
| 1855 | 44,9 | 21,4 | 23,3 | 44,1 | 20,5 | 23,6 | 37,3 | 12,2 | 48,3 | — | — | |
| 1856 | 44,1 | 19,3 | 24,7 | 42,1 | 18,4 | 23,7 | 39,8 | 12,7 | 42,6 | — | — | |
| 1857 | 39,6 | 18,5 | 21,0 | 43,1 | 18,5 | 24,6 | 32,1 | 11,0 | 38,3 | — | — | |
| 1858 | 42,8 | 20,2 | 22,5 | 44,7 | 18,9 | 25,8 | 32,0 | 10,5 | 38,4 | — | — | |
| 1859 | 45,0 | 21,6 | 23,3 | 42,9 | 18,9 | 24,0 | 33,5 | 11,0 | 42,4 | — | — | |
| 1860 | 45,3 | 22,1 | 23,1 | 44,1 | 19,2 | 25,0 | 31,4 | 10,5 | 33,9 | — | — | |
| 1861 | 41,5 | 19,8 | 21,6 | 36,7 | 16,5 | 20,2 | 30,0 | 10,1 | 35,8 | — | — | |
| 1862 | 38,1 | 17,7 | 20,3 | 36,7 | 16,4 | 20,3 | 29,1 | 9,9 | 37,1 | — | — | |
| 1863 | 37,7 | 16,9 | 20,7 | 36,3 | 16,0 | 20,3 | 26,7 | 8,9 | 35,3 | — | — | |
| 1864 | 37,9 | 16,9 | 20,9 | 37,3 | 16,6 | 20,7 | 27,8 | 10,4 | 37,2 | — | — | |
| 1865 | 35,4 | 15,9 | 19,4 | 40,4 | 20,2 | 20,2 | 26,9 | 10,1 | 35,1 | — | — | |
| 1866 | 39,4 | 17,4 | 21,9 | 46,9 | 24,7 | 22,2 | 31,4 | 10,2 | 45,3 | — | — | |
| 1867 | 42,9 | 19,3 | 23,5 | 42,6 | 19,7 | 22,9 | 29,2 | 9,9 | 46,8 | — | — | |
| 1868 | 49,6 | 19,8 | 29,6 | 47,1 | 17,7 | 22,1 | 31,6 | 10,3 | 41,5 | — | — | |
| 1869 | 49,8 | 19,5 | 30,1 | 47,7 | 17,1 | 24,1 | 23,4 | 6,4 | 44,1 | — | — | |
| 1870 | 47,6 | 20,2 | 27,2 | 38,8 | 13,7 | 20,7 | 34,4 | 10,9 | 40,9 | — | — | |
| 1871 | 48,6 | 20,5 | 27,9 | 40,1 | 13,5 | 21,5 | 31,2 | 10,9 | 39,8 | — | — | |
| 1872 | 47,5 | 20,4 | 26,9 | 40,8 | 15,2 | 20,5 | 28,5 | 9,8 | 37,3 | — | — | |
| 1873 | 44,9 | 20,2 | 24,5 | 41,5 | 14,8 | 21,2 | 24,2 | 7,4 | 35,3 | — | — | |
| 1874 | 48,9 | 22,1 | 26,6 | 43,6 | 15,8 | 21,5 | 26,0 | 8,2 | 39,8 | — | — | |
| 1875 | 47,1 | 20,9 | 26,0 | 45,1 | 15,9 | 22,8 | 26,8 | 8,9 | 37,3 | — | — | |
| 1876 | 50,2 | 21,0 | 28,9 | 44,6 | 17,1 | 22,4 | 31,0 | 11,1 | 36,7 | — | — | |
| 1877 | 58,2 | 24,5 | 33,4 | 52,4 | 20,2 | 25,4 | 47,9 | 17,2 | 47,3 | — | — | |
| 1878 | 58,5 | 24,5 | 33,7 | 51,6 | 21,3 | 24,2 | 36,1 | 13,2 | 42,5 | — | — | |
| 1879 | 58,5 | 24,5 | 22,0 | 42,0 | 22,9 | 27,0 | 39,7 | — | 51,0 | — | — | |
| 1880 | 58,3 | 24,5 | 21,7 | 56,1 | 23,0 | 25,3 | 34,6 | — | 46,7 | — | — | |
| 1881 | 54,2 | 22,9 | 21,1 | 54,8 | 22,7 | 25,6 | 34,1 | — | 51,3 | — | — | |
| 1882 | 53,6 | 22,4 | 21,7 | 56,0 | 23,3 | 25,9 | 33,8 | — | 49,5 | — | — | |
| 1883 | 56,5 | 23,3 | 22,5 | 54,9 | 22,6 | 25,7 | 32,6 | — | 46,0 | — | — | |
| 1884 | 56,0 | 22,3 | 21,0 | 49,5 | 20,6 | 23,7 | 32,8 | — | 45,3 | — | — | |
| 1885 | 53,5 | 20,9 | 20,7 | 49,6 | 20,1 | 24,0 | 33,0 | — | 43,7 | — | — | |
| 1886 | 54,0 | 21,0 | 22,3 | 49,3 | 20,1 | 24,2 | 34,3 | — | 44,8 | — | — | |
| 1887 | 55,7 | 22,0 | 22,1 | 51,5 | 20,4 | 25,6 | 33,0 | — | 46,5 | — | — | |
| 1888 | 56,0 | 22,2 | 22,6 | 49,0 | 19,9 | 23,8 | 32,6 | — | 43,9 | — | — | |
| 1889 | 52,5 | 21,8 | 21,2 | 48,9 | 19,9 | 23,7 | 32,5 | — | 42,8 | — | — | |
| 1890 | 50,0 | 19,6 | 20,9 | 46,8 | 17,7 | 22,3 | 32,4 | — | 41,4 | — | — | |
| 1891 | 49,9 | 21,0 | 20,4 | 60,3 | 16,7 | 35,8 | 36,3 | — | 43,7 | — | — | |
| 1892 | 52,0 | 21,5 | 21,7 | 57,2 | 15,9 | 35,9 | 38,9 | — | 42,2 | — | — | |
| 1893 | 54,0 | 22,4 | 22,8 | 50,6 | 19,5 | 24,6 | 39,2 | — | 40,4 | — | — | |
| 1894 | 47,5 | 18,9 | 21,0 | 48,1 | 18,8 | 23,1 | 38,0 | — | 40,5 | — | — | |
| 1895 | 57,6 | 23,6 | 22,6 | 49,8 | 19,0 | 24,3 | 37,8 | — | 39,0 | — | — | |
| 1896 | 55,2 | 21,6 | 22,0 | 46,4 | 15,4 | 25,9 | 35,7 | — | 39,8 | — | — | |
| 1897 | 52,3 | 21,9 | 19,9 | 47,6 | 16,6 | 25,6 | 33,9 | — | 36,8 | — | — | |
| 1898 | 49,5 | 20,8 | 18,9 | 47,0 | 16,9 | 23,5 | 36,7 | — | 35,3 | — | — | |
| 1899 | 49,2 | 20,6 | 19,4 | 47,6 | 16,8 | 23,9 | 38,9 | — | 34,3 | — | — | |
| 1900 | 42,6 | 18,3 | 19,7 | 45,6 | 16,0 | 23,5 | 34,2 | — | 34,0 | — | — | |
| 1901 | 46,1 | 19,2 | 22,1 | 46,4 | 15,0 | 22,0 | 41,0 | — | 35,0 | 40,0 | 50,0 | 56,0 |
| 1902 | 48,0 | 19,9 | 23,1 | 41,7 | 15,0 | 23,9 | 41,0 | — | 39,1 | 42,2 | 59,9 | 63,0 |
| 1903 | 41,7 | 16,6 | 20,6 | 48,8 | 18,2 | 23,9 | 37,2 | — | 37,3 | 44,5 | 59,7 | 60,1 |
| 1904 | 39,0 | 15,9 | 19,1 | 44,3 | 14,7 | 21,5 | 36,0 | — | 34,6 | 43,2 | 56,8 | 40,5 |
| 1905 | 39,4 | 16,1 | 18,8 | 46,0 | 15,1 | 21,7 | 37,2 | — | 34,7 | 41,8 | 53,5 | 45,2 |
| 1906 | 40,5 | 16,2 | 19,3 | 45,0 | 14,5 | 22,2 | 39,0 | — | 35,0 | 41,0 | 54,0 | 46,0 |
| 1907 | 41,2 | 16,4 | 19,2 | 46,0 | 14,6 | 22,1 | 36,0 | — | 32,0 | 40,0 | 51,0 | 45,0 |
| 1908 | 44,5 | 16,8 | 21,2 | 44,0 | 14,0 | 22,9 | 39,0 | — | 36,0 | 45,0 | 51,0 | 51,2 |
| 1909 | 49,2 | 20,4 | 22,4 | 45,0 | 15,6 | 23,3 | 42,0 | — | 37,0 | 43,0 | 52,0 | 48,0 |
| 1910 | 53,1 | 18,9 | 27,0 | 43,0 | 15,2 | 22,3 | 41,0 | — | 37,0 | 40,0 | 53,0 | 48,0 |

§ 42. Die soeben betrachteten Arbeitsleistungen im forstlichen Betriebe machten nach einer annähernden Schätzung Dr. Danckelmanns zu Anfang der 1880er Jahre ca. 83 Millionen Mark für das Deutsche Reich aus. Dieser Betrag ist inzwischen bedeutend gestiegen. Die Ausgabesummen unserer Staatsforsten schwanken heute etwa zwischen 15 und 35 M. pro ha. Nimmt man einen Durchschnitt von 20 M. an und berücksichtigt man, daß die Gemeinde- und Anstaltsforsten sowie die Waldungen der Privatgroßgrundbesitzer keinen wesentlich geringeren „Betriebskoeffizienten“ (Verhältnis der Ausgaben zu den Roheinnahmen) haben werden als die Staatsforsten, so dürften die derzeitigen gesamten Ausgaben der Forstwirtschaft mit 15 M. pro ha — gegenüber der Danckelmannschen Zahl von ca. 6 M. — nicht zu hoch gegriffen sein. Hiernach würde sich der Gesamtausgabebetrag auf etwa 210 Mill. Mark belaufen. Es ist aber wohl zu beachten, daß damit nur jene Arbeiten gemeint sind, welche bis zum Uebergang des Erzeugnisses in die Hände des Käufers erfolgen. An sie schließt sich, insbesondere bei den Nutzhölzern, erst eine umfassende Veredelungsarbeit an, welche den Rohstoff so formt, wie er zum Verbrauch gelangt. Zunächst ist schon das Transportgewerbe in ganz hervorragender Weise an der örtlichen Verteilung der Walderzeugnisse und der Wertbildung durch räumliche Uebertragung beteiligt. Es gibt wenige Waren, bei denen die Transportkosten einen ähnlichen Prozentsatz vom Werte am Verbrauchsorte ausmachen wie bei dem Holz, das im Vergleich zu seinem Volumen und Gewicht und bei seiner schwierigen Versandfähigkeit einen verhältnismäßig niedrigen Preis hat. Bekanntlich hat v. Thünen diesen Einfluß der Transportkosten auf die Preisbildung und Rentabilität der Forstwirtschaft eingehend erörtert und auf Grund seiner Berechnungen der letzteren die Zone zunächst der Gartenwirtschaft in seinem isolierten Staate zugewiesen. Wie bedeutend die Quantität der Transportleistungen für die Forstwirtschaft aber ist, ergibt sich z. B. daraus, daß das bayer. Staatsbahnnetz durchschnittlich jährlich ca. 1 ⅓ Millionen cbm Holz nach den großen Verbrauchsmittelpunkten befördert, was ca. 48 % des Jahresertrags der bayer. Staatsforste bedeutet. Aber der Transport per Achse wird bei weitem übertroffen durch die gewaltigen Massen Holz, welche zu Wasser verfrachtet werden, indem z. B. auf der Weichsel im Durchschnitte der 8 Jahre 1901/08 rund 744 000 Tonnen (zu 1000 kg) Floßholz oder etwa 1 240 000 cbm jährlich die russisch-preußische Grenze passierten, während zur See in manchen Jahren 6—7 Millionen Stück Bretter in Lübeck einliefen. Hieraus kann man sich ein Bild von der weitverzweigten Handels- und Transporttätigkeit machen, welche sich an den Vertrieb dieses wichtigen Rohstoffs knüpft. Noch ungleich beträchtlicher aber ist der Arbeitsaufwand für die industrielle Veredelung zu Halb- und Ganzfabrikaten, der das Erzeugnis der Wälder auf mechanischem und chemischem Wege so umgestaltet, wie es für die Bedürfnisse der menschlichen Kultur am geeignetsten ist. Die holzverarbeitenden Gewerbe und Industriezweige beschäftigen nach der Berufs- und Betriebszählung vom 12. Juni 1907 in ihren Hauptbetrieben 936 919 Personen oder 7 Prozent sämtlicher Gewerbetreibenden überhaupt; hiervon trafen

| | | |
|---|---|---|
| auf die Tischlerei | 446 327 | Erwerbstätige |
| auf das Zimmermannsgewerbe | 124 917 | „ |
| auf Wagner und Stellmacher | 165 362 | „ |
| auf das Böttchergewerbe | 37 488 | „ |
| auf Sägmühlen- u. Imprägnieranstalten | 121 544 | „ |
| auf die Korbflechtindustrie | 41 281 | „ |

Der Arbeitsverdienst dieser Bevölkerungsklasse kann auf mehr als 1 Milliarde Mark pro Jahr berechnet werden, wobei aber die Holzstoff- und Zellulose-Industrie sowie der Schiffbau und die Zündholzindustrie noch nicht inbegriffen sind. Hieraus folgt also, daß weite Kreise der industriellen und gewerblichen Einwohner aufs lebhafteste an einer sorgfältigen Kultur und nachhaltigen Instandhaltung der Wälder interessiert sind, als an der Quelle für die Rohstoffe, an welchen sie ihre Arbeitskraft verwenden und verwerten können. Umgekehrt ist aber das Interesse der Waldbesitzer nicht minder auf die Mitwirkung der holzverarbeitenden Industrie hingewiesen, denn nur durch diese Umformung und Zurichtung werden die Erzeugnisse der Wälder geeignet, den Weltmarkt aufzusuchen und die engen Schranken des örtlichen Absatzes zu überschreiten. Dazu kommt, daß in einem dicht mit industriellen Anstalten versehenen Lande durch Vermeidung weiter Wege und nutzlosen Transports von geringwertigem Material (Rinde, Gipfelholz usw. usw.) an den Kosten der Verfrachtung wesentliche Ersparnisse zulässig sind, die dann durch Erhöhung der Waldpreise den Waldbesitzern zugute kommen und den Kapitalwert der Wälder infolge der Gunst der Lage steigern. In dieser Beziehung sei darauf hingewiesen, daß man für Deutschland in den 1880er Jahren folgende Steigerung des budgetmäßigen Reinertrages der Forsten ganzer Provinzen bei Zunahme der Intensität der Holzindustrie um 1000 Arbeiter beobachten konnte [1]):

| | | | |
|---|---|---|---|
| in den vorwiegend aus Buchen bestehenden Waldungen um | 0,37 | M. pro ha |
| „ „ vorwiegend aus Fichten bestehenden Waldungen um | 1,46 | „ |
| „ „ Kiefern oder Mischungen von Laub- und Nadelholz um | 1,04 | „. |

Auch in Frankreich [2]) kann man eine Einwirkung des Zustandes der Holzverarbeitung auf die Waldrente wohl erkennen, indem z. B. in den Nadelholzforsten der höchste Bruttoertrag pro ha mit 216,28 Frcs. im Bezirk Besançon (einem wichtigen Holzhandelsplatz) erzielt wurde, es folgen dann die Forstbezirke (conservations) Lons le Saulnier mit 172,02, Nancy mit 158,93, Moulins 123,63, Maçon 118, 40, Epinal 116,90 Frcs., während hingegen die wenig industriereichen Gebiete nur sehr niedrige Erträge pro ha aufweisen, wie Carcassonne 29,40, Gap 27,85, Aurillac 16,33 und Ajaccio 6,42 Frcs.

### 3. Die Produktionskapitalien der Forstwirtschaft und ihre Rentabilität.

Da dieses Wissensgebiet sich als „forstliche Statik" zur selbständigen Disziplin entwickelt und einteilungsgemäß in diesem Handbuche als solche besonders behandelt wird, so kann hier nur der Vollständigkeit und Abrundung halber summarisch auf die dritte der Güterquellen hingewiesen werden, aus welchen die Wertbildung in der Forstwirtschaft erfolgt.

§ 43. Die Kapitalformen, deren sich die forstliche Produktion bedient (Produktivkapitalien), sind außer dem in Besitz übergegangenen Boden, der hiedurch Kapitaleigenschaft erlangt hat, im wesentlichen folgende:

1. Der Holzvorrat.

2. Alle festen (fixen, stehenden) Kapitalien, welche zum Forstbetriebe gehören, wie Dienstgebäude (für Beamte, Arbeiter, Geräte usw.), Holzhöfe, sämtliche Anlagen zur Beförderung des Holzes und der Nebennutzungen (Triftanstalten, Riesen und das gesamte Weg- und sonstige Bringungsnetz), Nebenbetriebsanstalten u. a.

1) „Forstwiss. Centralblatt". 1884. S. 85.

2) Statistique forestière. Paris 1878. S. 362.

3. Die Werkzeuge und Geräte für den Fällungs-, Kultur-, Wegbau- und Triftbetrieb, alle sonstigen Mobilien und das in den Inventaren aufgezählte Material an beweglichen Einrichtungsstücken, gleichfalls als stehende Kapitalien zu betrachten.

4. Die in Kapitalform (umlaufendes oder flüssiges Kapital) gedachten Geldmittel, welche für den Lebensunterhalt der oben näher betrachteten Arbeitskräfte sowie für die Gehalte der Schutzbediensteten und technischen Angestellten erforderlich sind. In diesem Sinne spricht man daher von einem Kulturkostenkapitale, einem Verwaltungskostenkapitale.

5. Die gleichfalls zum Kapitale erhobenen Auslagen für Steuern, Kreis-, Distrikts-, Gemeinde-Umlagen, also alle auf Grund und Boden haftenden öffentlichrechtlichen Lasten und Verpflichtungen, gewöhnlich zum Verwaltungskostenkapital gerechnet.

6. Sämereien und Pflanzen.

Vergleicht man ganz allgemein die Forstwirtschaft in bezug auf ihren Kapitalaufwand mit anderen Produktionszweigen der Bodenkultur, z. B. der Landwirtschaft, so ergibt sich, daß sie hinsichtlich der unter 2 bis 6 genannten Kapitalformen verhältnismäßig viel weniger bedarf, weil die Arbeitsaufwendung eine geringere ist und für Aufbewahrung und Zubereitung der Ernteerzeugnisse in der Regel keine besonderen Gebäulichkeiten erforderlich sind. Noch mehr tritt dies bei einem Vergleich mit industriellen Unternehmungen aller Art hervor, bei denen ja gerade das Konto für Gebäude, Werkzeuge und Maschinen, sowie dasjenige für Arbeitslöhne die Hauptrolle spielt. Immerhin sind auch diese Kapitalien, gleichwie die Arbeit, mit dem Fortschritt der volkswirtschaftlichen Entwickelung fortwährend im Steigen begriffen. Das unterscheidende und charakteristische Produktionskapital der Forstwirtschaft ist jedoch das Holzvorratskapital. Man versteht darunter jene Größe des stockenden Holzbestandes, welche vorerst nur zur Ansammlung von Holzmasse durch den Zuwachs dient und erst beim Erreichen eines bestimmten Baumalters planmäßig genutzt werden soll. Da nämlich jeder einzelne Baum als eine Aufspeicherung von vieljährigen Assimilationsprodukten anzusehen ist, die in Form von ausdauerndem Zellgewebe in konzentrischen Schichten längs der Stammachse und ihrer fortwachsenden Verlängerungen angelegt wurden, so folgt hieraus für eine Holzproduktion überhaupt die Notwendigkeit des Vorhandenseins zahlreicher Baumindividuen, an welchen eine solche Erzeugung und Ablagerung von Holzfasern sich alljährlich wiederholen kann, bis sie für menschliche Zwecke gebrauchsfähig werden. Die jährliche Zunahme der Masse eines Baumes heißt sein Zuwachs, derselbe erscheint beim Einzelbaum als eine schmale Holzschichte, die zwischen dem Cambium und dem Holzkörper auf der ganzen Oberfläche des letzteren gebildet wurde und auf dem Querschnitt als Jahrring erscheint. Bei ganzen Holzbeständen geht nun neben dieser Massenzunahme der Einzelstämme eine unausgesetzte Verminderung der Stammzahl einher, indem die schwächeren Individuen durch die kräftigeren, die sog. herrschenden, überwachsen werden und an Lichtmangel zugrunde gehen, so daß in den jugendlichen Altersstufen eine unausgesetzte, starke Ausscheidung der zurückgebliebenen Stämme durch die wuchskräftigeren stattfindet — ein Verdrängungsprozeß, welcher erst im höheren Alter, nachdem der Höhenwuchs in der Hauptsache vollendet ist, nachläßt aber nie ganz aufhört. Alles Holzmaterial, welches auf diese Weise ausgeschieden wurde (Nebenbestand), heißt „Zwischennutzung" (oder „Vornutzung"), im Gegensatz zu der in Form des herrschenden (oder Haupt-)Bestandes bei dem Abtrieb des ganzen Bestandes vorfindlichen



„Haubarkeits- oder Abtriebsnutzung", welche die Haupt-Holzernte (Endernte) darstellt.

Wenn man nun das Verhältnis zwischen einem Holzbestande und seinem Jahreszuwachse als das zwischen Kapital und Zins auffaßt, so ist damit der Begriff „Holzkapital" oder „Holzvorratskapital" wenigstens für den sog. aussetzenden Betrieb gegeben, wobei man entweder bloß die Massen beider in Rechnung zieht und prozentisch ausdrückt (Massenzuwachsprozent) oder beide in ihrem Geldwerte veranschlagt und die jährliche Wertszunahme in Prozenten vom Werte des Holzkapitales ausrechnet (Wertszuwachsprozent). Wie diese Erhebungen technisch gemacht werden müssen, und auf welche Art die Wertsermittlung geschieht, kann hier nicht näher auseinandergesetzt werden, da dies Sache der Holzmeßkunde und der Statik ist.

Das Verhältnis zwischen Zuwachs und Holzvorrat hängt sowohl von dem Gange des Zuwachses selbst ab, der in den verschiedenen Lebensaltern sich nicht gleich bleibt, sondern in der Jugend rasch ansteigt, dann einen Höhe- oder Kulminationspunkt erreicht, von wo an er wieder sinkt, als auch von der Summierung der Zuwachsgrößen im Holzvorrate selbst. Es ist begreiflich, daß in den ersten Jahren einem minimalen Vorrate, selbst bei geringer Massenvermehrung, eine hohe prozentische Verzinsung entspricht, während umgekehrt in älteren Beständen schon eine bedeutende Zuwachsgröße hinzukommen muß, um eine Verzinsung zu liefern, wie sie bei Leihkapitalien landesüblich ist. Im allgemeinen kann man für die Durchschnittsgröße des Zuwachses z in geschlossenen Hochwaldbeständen (jedoch nicht für den jährlichen „laufenden Zuwachs") den Zinsfuß p ohne weitere Rechnung durch den Ausdruck $p = \frac{200}{u}$ finden, weil der Bestandesvorrat im Mittel des Bestandslebens $\frac{uz}{2}$ ist, welchem z als Jahreszins gegenübersteht. Bei u = 80 Jahren ist daher das durchschnittliche Verzinsungsprozent 2,5%, bei 100 Jahren = 2%, was sowohl für die durchschnittliche Massen-, wie für die Wertsmehrung gültig ist. Bei Unterstellung des Haubarkeitsdurchschnittszuwachses beträgt das Zuwachsprozent p für das Hiebsreifealter $u = \frac{100}{u}$, weil der Bestandsvorrat im Alter u eine Größe von uz besitzt.

In einer auf die Forderung der Nachhaltigkeit gegründeten Waldwirtschaft nimmt das Holzvorratskapital eine bestimmte Form an, die von der soeben betrachteten dadurch abweicht, daß die zur Aufspeicherung der Zuwachsgrößen bestimmten stockenden Vorräte hinsichtlich ihres Bestandesalters eine regelmäßige Abstufung in Gestalt einer arithmetischen Reihe von u—1 bis 0 Jahren zeigen müssen, wenn anders die Forderung erfüllt werden soll, daß alljährlich gleiche Mengen Holzes vom normalen Alter der gewünschten Altersstufe u zur Fällung kommen sollen. Diese Notwendigkeit folgt unmittelbar aus dem, was oben über die Art der Zuwachsansammlung gesagt wurde, und es ist nur zu untersuchen, mit welchem Prozentsatze sich diese in regelmäßiger Altersabstufung auf gleichen bzw. gleichwertigen Flächengrößen verteilten Bestände, welche man in ihrer Gesamtheit den Normalvorrat nennt, durch den alljährlich zum Abtrieb kommenden Vorrat des ältesten Gliedes dieser Reihe verzinsen. Rechnet man auch hier wieder nur mit Durchschnittsgrößen und mit Uebergehung der Unterschiede, welche die Jahreszeiten durch das zeitliche Auseinanderfallen der Vegetations- und der Fällungszeit mit sich bringen, so kann man den Normalvorrat als Summe einer arithmetischen

Reihe von u Gliedern, deren erstes = 0, deren letztes uz ist, berechnen und erhält somit $\frac{uuz}{2}$. Diesem Kapitale steht dann der Vorrat des ältesten Schlages uz als Ertrag gegenüber, so daß sich das Prozent der Nutzung aus der Proportion $\frac{uuz}{2} : uz = 100 : p$, also auf $p = \frac{200}{u}$ berechnet. Das Nutzungsprozent der normalen Betriebsklasse bei dem jährlichen Betriebe ist also gleich dem durchschnittlichen Zuwachsprozente des Einzelbestandes und doppelt so groß wie das Zuwachsprozent des haubaren Bestandes im aussetzenden Betriebe. In beiden Fällen zeigen die Formeln, wie das Prozent in umgekehrtem Verhältnisse zur Länge der Umtriebszeit steht und für verschiedene Umtriebszeiten im allgemeinen nach einer Reziprokenreihe abnimmt, in welcher die Jahre der Umtriebszeit die Nenner bilden. Da nun der Zuwachsgang fast aller anbaufähigen Holzarten ein verhältnismäßig langsamer ist, so liegt zwischen Aussaat und Ernte ein im Verhältnis zur menschlichen Lebensdauer langer Zeitraum — viel größer als in den meisten übrigen Produktionszweigen. Dies veranlaßt eine langjährige Inanspruchnahme der Bodenrente durch die forstliche Produktion, sowie einen langen Verzicht auf die Zinsen der Kulturkosten und des Wertes, der im Holzvorrat steckt, während die jährlichen Auslagen für Schutz, Verwaltung, für Steuern und Lasten samt ihren Zinsen zu hohen Beträgen anlaufen.

§ 44. Eine Waldwirtschaft, die also lediglich Massen von gleichem Werte erzeugen würde, wie z. B. die Brennholzwirtschaft, müßte daher notwendigerweise mit sehr niedrigen Umtrieben wirtschaften, wenn sie aus ihren stockenden Vorräten noch eine landesübliche Verzinsung herauswirtschaften wollte. Anders gestaltet sich jedoch die Frage, wenn mit dem höheren Alter der Bäume auch ihr Gebrauchswert pro Masseneinheit steigt; meistens sind die stärkeren Stammformen wegen ihres größeren Kernholzgehaltes, wegen der größeren Bretterbreiten, die sie liefern, sowie wegen der günstigeren Schaftform für Bauhölzer und Schnittwaren gesuchter, als die ohnehin massenhaft von den Privatwaldbesitzern zu Markt gebrachte sog. „schwache Ware". Dies gilt namentlich für alle der Ausfuhr unterliegenden Nutzhölzer, welche nur dann hohe Bringungskosten vertragen, wenn sie einen hohen Gebrauchswert haben und in dem Einfuhrlande nicht zu haben sind. Solche besonderen Qualitäten von Hölzern haben, sofern sie nicht in zu großen Massen zum Angebot kommen, einen gewissen Seltenheitswert und übertreffen im Preise pro cbm oft weitaus die schwächeren Sortimente jüngerer Bestände. Nach dem Vorgange Königs in Eisenach nannte Preßler diese Erhöhung des Einheitspreises den „Qualitätszuwachs der Bestände" und machte damit auf den wichtigen Einfluß aufmerksam, den diese Erscheinung in wirtschaftlicher Hinsicht, insbesondere bezüglich der Wahl der Betriebsart und Umtriebszeit, ausübt. Ein dritter, von ihm „Teuerungszuwachs" genannter Faktor, welcher in der relativen Werterhöhung des Holzes als eines Naturerzeugnisses gegenüber der Mehrzahl der übrigen Güter, namentlich des Zahlungsmittels (Geld), bestehen soll, ist bei der nachfolgenden Betrachtung ausgeschlossen.

Da nach dem obigen der Qualitätszuwachs nur die älteren Bestände berührt und insbesondere in dem letzten Gliede der Betriebsklasse voll zum Ausdruck kommt, so ist es natürlich, daß er auf die Verzinsung sowohl beim aussetzenden, wie beim Nachhaltsbetrieb einen günstigen Einfluß ausübt.

Wissenschaftlich findet die Untersuchung der Rentabilität der Forstwirtschaft



auf verschiedene Weise statt (s. Statik). Entweder berechnet man, welche Bodenrente bzw. welcher Bodenertragswert (Bodenerwartungswert) pro ha Waldboden sich unter Zugrundelegung einer oder verschiedener zu vergleichender Umtriebszeiten und eines angenommenen Wirtschaftszinsfußes ergibt, wobei man sich auf den Standpunkt eines Unternehmers stellt, der sowohl die Ausgaben für Kulturen, für Verwaltung und Steuern, als alle zu verschiedenen Zeiten einlaufenden Einnahmen des Einzelbestandes finanzrechnerisch auf ihren Kapitalwert im gleichen Zeitpunkte zurückführt und abgleicht. Oder es wird für einen Holzbestand berechnet, zu welchem Zinsfuß (sog. „Weiserprozent") er durch seinen Jahresertrag noch fortwächst, wenn man den Bodenwert als etwas gegebenes in Rechnung stellt und ihn samt den übrigen Kapitalien, welche in der Produktion eines Jahresertrages tätig sind, der Größe dieses letzteren gegenüberstellt. Von anderer Seite[1]) wird die Ermittlung der Waldrente, in welcher die Boden- und Holzbestandsrente nicht getrennt zum Ausdruck gelangen, zur Rentabilitätsberechnung vorgeschlagen. Der Zweck aller dieser Berechnungen ist, die vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus vorteilhafteste Betriebsart und Umtriebszeit zu ermitteln, nach welchen ein gegebener Wald bewirtschaftet werden soll.

§ 45. Ohne in die Einzelheiten dieser verschiedenen Berechnungen näher einzugehen, mögen hier noch einige allgemeine Eigenschaften des Holzkapitals Erwähnung finden. Seiner Natur nach ist es zwar ein Produktionsmittel, jedoch nicht in dem Sinne, wie die festen Kapitalien der übrigen Wirtschaften, da sich auch die jüngeren Bestände, falls es dem Besitzer gefallen sollte, verwerten und in umlaufendes Kapital verwandeln lassen. Indessen ist zu beachten, daß diese Verwertbarkeit bei großen Waldflächen sehr bald auf eine Grenze stößt, indem der Markt allzugroße Mengen nicht aufnehmen kann und bei seiner Ueberführung leicht ein Preissturz erfolgt. Wenn daher auch die Gleichstellung von Holzvorräten mit Geldkapitalien bei Rechnungen grundsätzlich zulässig ist, so ist doch bei der praktischen Betätigung solcher „Versilberungen" der Vorräte, sobald es sich um erhebliche Beträge handelt, große Vorsicht nötig, um eine Ueberproduktion zu vermeiden.

Hinsichtlich seiner Größe nimmt das Holzkapital proportional der Dauer der Umtriebszeit zu, sobald eine nachhaltige Wirtschaft mit jährlich oder periodisch gleichen Erträgen Wirtschaftsziel ist. Als Produktionskapital ist dann der sog. Normalvorrat zu betrachten, welcher, wie aus der Formel $Vn = \frac{uuz}{2}$ sich ergibt, gleich dem halben Zuwachs ist, der innerhalb der Umtriebszeit auf der ganzen Waldfläche erfoglt. Für Hochwaldungen mit längeren Umtrieben erreicht daher dieses Kapital sehr beträchtliche Werte, und es müssen solche Betriebsarten daher als sehr kapitalintensive bezeichnet werden, weil der Wert des stockenden Vorrates jenen der landwirtschaftlichen Produktionskapitalien meistens erheblich übersteigt. Allerdings bilden andererseits diese aufgespeicherten Vorräte wieder eine Art von Sparkasse, auf die man in Notfällen zurückgreifen kann, zumal in Zeiten, in welchen der bloße Grund und Boden oder der hypothekarische Kredit stark entwertet sind, wie z. B. in Kriegsjahren. So mancher Großgrundbesitzer, ja sogar mancher Staat hat sich im Anfang des XIX. Jahrhunderts nur durch Heranziehung dieser Werte vor dem finanziellen Ruin durch die enormen Kriegssteuern gerettet. Andererseits ist aus diesem Grunde auch eine gewisse Sparfähigkeit und eine vor den kleinen Krisen des

1) Z. B. von Hofrat von Helferich in Schönbergs Handbuch der politischen Oekonomie, II. Aufl. XX. „Die Forstwirtschaft".



Geschäftslebens gesicherte Existenz notwendig, um überhaupt eine Waldwirtschaft, die über eine sog. Heckenwirtschaft hinausgeht, treiben zu können. Der kleine Waldbesitzer wird durch Erbteilungen, Gutsübergaben, durch Hagelschlag oder sonstige Kalamitäten so häufig in Versuchung kommen, sich durch den Wald schadlos zu halten, daß er selten zur Ansammlung eines Vorrates gelangt, wie er dem 60 jährigen Umtrieb entspricht.

Bezüglich der Sicherheit dieser Kapitalanlage ist zu bemerken, daß zwar vielerlei Gefahren den Wald bedrohen, teils von Menschen, teils von Tieren, teils von den Elementarereignissen ausgehend, allein diese werden doch vielfach stark überschätzt. Abgesehen davon, daß hauptsächlich die Schläge und Jungwüchse, welche noch geringe Holzvorräte haben, vom Insekten- und Wildschaden bedroht sind, ist die Gefahr durch Feuer, obgleich sie am meisten zerstörend auftritt, doch verhältnismäßig selten. Nach der preußischen Statistik sind innerhalb 13 Jahren (1893 bis 1905) in sämtlichen Staatsforsten durch 333 Brände 8982 ha Wald ganz oder zum größten Teil vernichtet worden; dies macht jährlich auf 1 Mill. ha der Waldfläche umgerechnet rund 276 ha. In den bayerischen Staatsforsten fanden im Jahre 1909 202 Waldbrände auf einer Fläche von 413 ha statt; hiervon verursachten 29 Brände mit 41 ha Fläche keinen nennenswerten Schaden. Da die Staatswaldfläche Bayerns während des Jahres 1909 im Mittel rund 939 316 ha betrug, so entfiel auf 2272 ha Staatswaldfläche 1 ha Brandfläche. Im Großherzogtum Hessen betrug die Anzahl der Waldbrände im Jahre 1910: 20, die Größe der beschädigten Fläche: 6,3 ha, der Schaden: 2052 Mk. Hiernach entfiel auf 39 414 ha Waldfläche 1 ha Brandfläche. Im Durchschnitt des Zeitraumes von 1901—1910 waren es 69 Waldbrände mit einer Schadenfläche von 35,5 ha und einem Schaden von 8048 Mk. Auf 6960 ha Waldfläche kommt hiernach 1 ha Brandfläche. Aus diesen Zahlen geht hervor, daß in einem geordneten Forsthaushalte mit guter Aufsicht der Schaden durch Waldbrände nur unbedeutend ist.

Für die Holzproduktion ist ferner eine gewisse Zusammenlegung und Abrundung der Waldflächen und Holzvorräte notwendig, damit eine der hauptsächlichsten Gefahren für das Holzkapital, der Sturmwind, mit Aussicht auf Erfolg bekämpft werden kann. Nichts ist in dieser Hinsicht verderblicher als die sog. „Gemenglage" der Waldgrundstücke, in welcher jede planmäßige Aneinanderreihung der Schlagflächen, jede Sicherung durch Waldmäntel (Traufe) und regelmäßige Hiebsfolge durch den Eigennutz der einzelnen Besitzer vereitelt wird. Es ist deshalb ein Erfahrungssatz, daß die Waldwirtschaft nur in geschlossener, zusammenhängender Lage ihren höchsten Ertrag liefert, daß hingegen Parzellierung und Zerstückelung in mehrfacher Hinsicht schädlich sind.

§ 46. Nachdem oben gezeigt worden ist, in welcher Weise wissenschaftlich der Erfolg der forstlichen Produktionskapitalien bemessen und für die Zwecke der Wertsberechnung oder der Wahl des Umtriebs verwendet wird, möge hier noch der im Haushalt der Staaten und Körperschaften üblichen Berechnungsart des finanziellen Ertrages der Forsten gedacht werden. In der Regel wird dabei nämlich nur der wirklichen Einnahmen und der Barauslagen Erwähnung getan, während sowohl das Bodenkapital wie das Vorratskapital gewissermaßen als „versteckter Produktionsaufwand" ganz außer der budgetmäßigen Berechnung bleibt. Demnach enthält also der Nettoertrag (Ueberschuß), wie ihn die Forstrechnungen ausweisen, immer noch die Bodenrente und die Zinsen des Holzkapitales mit inbegriffen, und auch die Abrechnung der übrigen Kosten erfolgt lediglich durch die jährliche Bilanzierung der Barauslagen. Trotz dieser wissenschaftlichen Ungenauigkeit, welche aber prak-

tisch schwer zu beseitigen ist, bieten diese budgetmäßigen Abrechnungen ein großes Interesse, indem sie die absolute Größe der kassamäßigen Einnahmen den baren Auslagen gegenüberstellen und einen Ausdruck für die Gesamtheit der auf Preisbildung und Materialertrag Einfluß übenden Faktoren liefern.

Hiedurch erhält man wirtschaftliche Ergebnisse, die oft erheblich von jenen abweichen, welche bloß im Hinblick auf die Verzinsung der Produktivkapitalien abgeleitet werden. So gibt z. B. hinsichtlich der Erträge der einzelnen Betriebsarten die Statistik Frankreichs folgende Roherträge an (pro 1876):

| Betriebsarten: | | Niederwald | Mittelwald | In Ueberführung begriffen | Laubholzhochwald | Nadelhölzer | Laub- und Nadelholz gemischt | Mittel für die Forstfläche |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Höchster Bruttoertrag | Frs. pro ha | 27,26 | 83,59 | 64,15 | 95,20 | 216,28 | 149,32 | 114,23 |
| Niedrigster „ | | 0,29 | 2,38 | 7,92 | 10,43 | 4,18 | 2,82 | 2,89 |
| Gesamtmittel „ | | 7,18 | 34,15 | 34,77 | 41,91 | 65,20 | 37,41 | 39,40 |

Demnach würde sich der Nadelholz- und der Laubholz-Hochwald in bezug auf Bruttorente entschieden dem Nieder- und Mittelwaldbetriebe überlegen erweisen. Um den Einfluß der weiten geographischen Entfernungen auszuschalten, kann man auch die Erträge der Betriebsarten nur eines einzigen Bezirkes ins Auge fassen; so hat z. B. im Oberforstmeister-Bezirke Nancy der Bruttoertrag pro ha betragen Frcs.:

im Niederwalde 13,45, im Mittelwalde 35,97, im Laubholzhochwald 40,34, im reinen Nadelholz 158,93, in den Mischungen von Laub- und Nadelholz 73,53.

Ueber die Reinerträge pro ha mehrerer deutscher Staaten gibt nachfolgende Tabelle eine auf 52 Jahre zurückreichende Uebersicht (nach Danckelmann „Die deutschen Nutzholzzölle" und nach den neuesten amtlichen Angaben), aus welcher die Bewegungen der budgetmäßigen Nettoerträge der Staatsforsten zu ersehen sind.

| Staaten | Zeiträume, für welche der jährliche Durchschnitt berechnet ist | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1850—56 | 1856—61 | 1862—65 | 1866—71 | 1872—76 | 1877—81 | 1882—86 | 1887—91 | 1892—96 | 1897—01 |
| | **Budgetmäßiger Reinertrag pro ha Staatswald in Mark** | | | | | | | | | |
| Preußen . . . . . | 4,82 | 6,37 | 9,13 | 8,49 | 11,74 | 9,00 | 10,22 | 12,18 | 12,65 | 16,44 |
| Bayern . . . . . | 10,19 | 14,47 | 19,23 | 19,63 | 13,17 | 13,80 | 14,24 | 16,82 | 20,37 | 21,96 |
| Württemberg . . . | 12,59 | 26,70 | 33,37 | 26,40 | 41,60 | 25,19 | 26,62 | 30,64 | 30,61 | 48,78 |
| Baden . . . . . | 13,48 | 25,23 | 29,20 | 31,32 | 38,04 | 24,16 | 25,87 | 29,19 | 34,48 | 45,12 |
| Sachsen Kgr. . . . | 18,03 | 23,56 | 29,34 | 33,25 | 51,01 | 35,00 | 43,21 | 45,50 | 41,88 | 49,20 |
| Elsaß-Lothringen . . | — | — | — | — | 28,76 | 20,45 | 18,86 | 20,92 | 24,47 | 27,62 |

In den ungarischen Staatsforsten war der budgetmäßige Reinertrag pro ha in Mark umgerechnet folgender:

| im Jahr | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 |
|---|---|---|---|---|
| im eigentlichen Ungarn . . | 2,14 | 2,08 | 2,23 | 1,96 |
| in Kroatien und Slavonien . | 3,03 | 3,27 | 3,71 | 4,72 |
| im Gesamtmittel . . . . . | 2,32 | 2,35 | 2,53 | 2,53 |

Die Staatswaldungen Frankreichs lieferten im Jahre 1892 einen Reinertrag (produit net) von 23,40 M. pro ha, d. i. 81,2% des Bruttogeldertrags.

Schließlich möge zur Beleuchtung der Wichtigkeit einer guten Staatsforstrente auf die Budgets der europäischen Staaten ein Blick geworfen werden, wobei allerdings die übrigen Staatsdomänen mitgerechnet sind. Im Budget pro 1882 betrugen die Einnahmen aus Domänen und Forsten als Summe der Einzelstaaten:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| im Deutschen Reiche | 218 319 313 | M. | in Frankreich | 44 398 600 | M. |
| in Oesterreich-Ungarn | 35 873 125 | „ | in Spanien | 8 080 000 | „ |
| in Italien | 19 810 227 | „ | in England | 12 277 525 | „. |
| in Rußland | 94 441 080 | „ | | | |

Dieselben sind bis 1912 sehr erheblich gestiegen; leider waren die bezüglichen Zahlen der außerdeutschen Staaten nicht zu ermitteln. Nach den Voranschlägen der größeren Bundesstaaten des Deutschen Reiches betrugen die Einnahmen für Holz und forstliche Nebennutzungen (einschl. Gegenleistungen der Forstberechtigten und Ersätze wegen Forstfrevel, dagegen ausschl. Torfgräbereien, Jagd, Trift, Waldbahnen, Sägemühlen und Samendarren) im Jahre 1904 in:

| | | |
|---|---|---|
| Preußen | 97 752 000 | M. |
| Bayern | 39 704 000 | „ |
| Württemberg | 14 412 706 | „ |
| Sachsen | 13 427 950 | „ |
| Baden | 7 431 666 | „ |
| Hessen | 4 560 540 | „ |
| Elsaß-Lothringen | 6 115 000 | „ |
| Zusammen | 183 403 862 | M. |

III.

# Forstliche Standortslehre[1]).

Von

## M. Helbig.

Literatur: Braungart, R., Die Wissenschaft in der Bodenkunde. Berlin und Leipzig 1876. Dettmer, Die naturwissenschaftl. Grundlagen der allgemeinen und landwirtschaftlichen Bodenkunde. Leipzig und Heidelberg 1876. Doelter, Phys. Chem. Mineralogie. Leipzig 1905. Ebermayer, Die naturgesetzlichen Grundlagen des Wald- und Ackerbaues. I. Berlin 1882. Fallou, Pedologie. Dresden 1862. Fleischer, Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage; Bd. 1 der Grundlehren der Kulturtechnik. IV. Aufl. Berlin 1909. Grebe, Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre in ihrer Anwendung auf Forstwirtschaft. Berlin 1886. Gruner, Grundriß der Gesteins- und Bodenkunde. Berlin 1896. Henry, Les sols forestières. Paris et Nancy 1908. Heyer, Forstl. Bodenkunde und Klimatologie. Erlangen 1856. Hilgard, Soils. New York 1910. Mayer, Lehrbuch der Agrikulturchemie. VI. Aufl. Heidelberg 1905. Mitscherlich, Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Berlin 1905. Mulder, Chemie der Ackerkrume. Berlin 1862. Nowacki, Prakt. Bodenkunde. V. Aufl. Berlin 1910 (Thär-Bibliothek). Ramann, Bodenkunde. III. Aufl. Berlin 1911. Sachsse, Lehrbuch der Agrikulturchemie. Leipzig 1882. Schübler, Grundsätze der Agrikulturchemie. 1830. Senft, Gesteins- und Bodenkunde. Berlin 1877.

§ 1. Begriffe. Standortslehre ist die Lehre vom Boden und Klima in ihren Beziehungen zu den bodenständigen Organismen. Eine „forstliche" Standortslehre oder besser eine Standortslehre der Forstpflanzen wird die Beziehungen zwischen Boden und Klima einerseits und den Forstpflanzen andrerseits besonders zu behandeln haben.

Sie umfaßt daher theoretische und praktische Bodenkunde und schließt Kapitel aus Klimatologie, Chemie, Physik, Pflanzenphysiologie, Biologie, Geologie und Petrographie ein.

Die theoretische Bodenkunde (Pedologie) behandelt die Entstehung, die Eigenschaften und die Umwandlung des Bodens; die praktische Bodenkunde speziell die Erforschung des Verhältnisses zwischen Boden und Pflanzen ertrag.

1) Entsprechend den Wünschen des Herausgebers ist im folgenden wesentlich die Beziehung des Bodens zur Waldpflanze unter möglichster Anlehnung an die frühere, von Ramann bearbeitete Auflage und unter spezieller Berücksichtigung mitteleuropäischer Verhältnisse dargestellt.



## Erster Abschnitt.

## Die Entstehung des Bodens.

§ 2. Allgemeines. Die Frage nach der Entstehung des Bodens bedingt logischerweise rückwärtsgreifend die Frage nach Entstehnng der Erdkruste und der Erde selbst. Die vorherrschende Hypothese von Kant-Laplace nimmt an, daß die Körper unseres Sonnensystems einer kugelförmigen, rotierenden Nebelmasse von hoher Temperatur entstammen. Durch Abkühlung im Weltenraume verdichtete sich dieselbe und gewann dadurch an Rotationsgeschwindigkeit, die Abplattung an den Polen vergrößerte sich, in gleicher Weise auch die Anhäufung der Massen nach dem Aequator zu. Hier lösten sich schließlich Teile zu neuen Nebelballen, um auf gleiche Art endlich zu Gliedern des Sonnensystems zu werden. So wurde auch unsere Erde durch fortgesetzte Abkühlung und Zusammenziehung aus einem glühenden Nebelballen nach und nach von einer starren Erdkruste umschlossen [1]). In den Vertiefungen derselben sammelten sich die verdichteten Wasserdämpfe; es entstand Wasser im Gegensatz zum Lande, und tiefgreifende, mechanische wie chemische Veränderungen der ursprünglichen Erdkruste waren die Folge. Die fortschreitende Abkühlung, die ungleichmäßige Kontraktion des Erdkerns, die eingeschlossenen Gase waren weiterhin Veranlassung zu Hebungen und Senkungen. Hier und da zerriß die Oberfläche, sie gab dem inneren Drucke nach und glutflüssige Massen stürzten hervor, wodurch sich mannigfache Störungen der Erdrinde ergaben: neue Kontinente entstanden, andere versanken, frisches Gesteinsmaterial drang empor und verfestigte sich, altes ging in Trümmer, wurde vielleicht von abwärts strebenden Wassermassen weggetragen, am anderen Orte wieder aufbereitet und erhärtete zu sogenanntem Sedimentgestein, oder es blieb zurück zu kleinen Aggregaten zerrieben und zersetzt, unverbunden als Deckschicht der harten Erdkruste: als Boden.

Der Boden umfaßt aber nicht allein das Produkt der durch physikalische und chemische Kräfte umgewandelten ursprünglichen Gesteine, er schließt auch neben Wasser und Luft organische Anteile der Flora und Fauna ein, welche zu ihm in Beziehung traten.

Man versteht daher unter Boden: die oberste zum Pflanzentragen geeignete Deckschicht der Erdkruste.

### I. Kapitel.

### Die Verwitterung.

Literatur: Roth, Allgem. und chemische Geologie. Berlin 1893, Bd. III. Bischof, Lehrbuch der chemischen und physik. Geologie. II. Aufl. Bonn 1863/64. Kayser, Lehrbuch der Geologie. III. Aufl. Stuttgart 1909. I. Teil. Senft, Lehrbuch der Gesteins- und Bodenkunde. Berlin 1877.

§ 3. Allgemeines. Mit Verwitterung bezeichnet man die Zerlegung der Gesteine in kleinere Aggregate durch physikalische und chemische Vorgänge [2]).

Die physikalische Verwitterung oder der Zerfall der Gesteine läßt durch mechanische Zertrümmerung Bruchstücke entstehen, ohne die chemische Zusammensetzung wesentlich zu beeinflussen.

1) Eine neuere Ansicht über die Entstehung des Sonnensystems von Chamberlin (Yearbook of the Carnegie Instit. Nr. 3, 1905. S. 208 und Geology, vol. II, S. 38, 1906, zit. nach Kayser, Lehrb. d. Geologie. III. Aufl. I. Teil. 1909, S. 28) führt die Bildung der Planeten auf Anhäufung kleiner kosmischer Massen (Planetesimals) zurück.

2) Die „biologischen“ Vorgänge sind im folgenden den physikalischen und chemischen eingereiht.

Für die chemische Verwitterung oder die Zersetzung ist es dagegen gerade typisch, daß durch die Veränderung der chemischen Zusammensetzung eine Materialzerkleinerung erfolgt.

In unseren Breiten kommt nur selten einer dieser Faktoren allein zur Einwirkung. Speziell bei Verwitterungsvorgängen durch lebende Organismen sind die Einzelfaktoren kaum zu trennen.

Im allgemeinen gilt, daß Gesteine, die sich aus einer Mineralart zusammensetzen, schwieriger verwittern, als Gesteine, die Mineralgemische darstellen. Solche, die den angreifenden Agentien große Angriffsflächen durch Schichtung, Schieferung, körnige Ausbildung, unebenen Bruch etc. bieten, zerfallen dagegen leichter.

A. Die physikalische Verwitterung oder der Zerfall der Gesteine wird namentlich durch Temperaturwechsel, Sprengwirkung des gefrierenden Wassers und durch mechanischen Druck bewirkt.

§ 4. Einwirkung der Temperatur. Alle Körper unterliegen durch Temperaturwechsel Volumenänderungen. Erfolgt die Temperaturänderung nicht gleichmäßig durch die ganze Masse, so entstehen Spannungen dadurch, daß sich das Aeußere und Innere verschieden stark ausdehnen oder zusammenziehen. Ein Zerfall kann die Folge sein. Für Gesteine kommt noch dazu, daß sich nach Mitscherlichs grundlegenden Beobachtungen nur die Kristalle des regulären Systems durch Erwärmung nach allen Seiten hin gleichmäßig strecken, wogegen die übrigen Systeme nach verschiedenen Richtungen eine ungleichmäßige Ausdehnung erfahren. Auch die Farbe der Gesteine spielt eine Rolle; denn einfarbige Gesteine werden weniger angegriffen als mehrfarbige. Je höher die Temperaturdifferenz ist, je rascher sie eintritt, je öfter sie sich wiederholt, desto stärker werden die Spannungen, desto umfangreicher ist auch der Zerfall der Gesteinsmassen. Pechuel-Loesche[1]) beobachtete vor und nach einem Gewitterregen in Westafrika Temperaturunterschiede von 60° C. Obrutschew[2]) fand in Zentralasien tägliche Schwankungen zwischen 40—50°. Aus gleichem Grunde verwittern die Talhänge der Mittagseiten rascher. So hat Thoroddsen[3]) aus Island mitgeteilt, daß Basaltberge an der Südseite in der Regel um 20—25°, an der Nordseite aber um 30—35° geböscht sind.

Besonders in ariden Gebieten (wo die Verdunstung die Höhe der Niederschläge überwiegt (Wüsten)), beruht die Verwitterung in der Hauptsache auf Gesteinszerfall durch Temperaturschwankungen. Im Hochgebirge und in hohen Breiten wirkt neben dem Wechsel der Temperatur die Sprengwirkung des gefrierenden Wassers. Sprengwirkung absolut niederer Temperaturen (also ohne Wirkung des Eisdruckes) sind nur in borealen Regionen beobachtet worden.

Daß auch in den Boden eindringende und in ihm aufsteigende Wässer lokale Temperaturänderungen hervorrufen, sei wenigstens erwähnt.

§ 5. Sprengwirkung des gefrierenden Wassers bringt in unseren Breiten den Gesteinszerfall hauptsächlich zuwege. Bekanntlich gewinnen 100 Teile Wasser 9 Volumenteile beim Uebergang in Eis. Alle, auch die festesten Gesteine, sind von Maschen feiner Sprünge und Risse durchzogen, die Wasser aufnehmen können. Kommt hier Wasser zum Gefrieren, so wird durch Druck eine Lockerung des Gefüges entstehen. Je mehr Wasser aufgenommen wird und je öfter Ge-

1) Pechuel-Loesche, Ausland 1884, S. 425, zit. nach Walther, Einleitung in die Geologie. Jena 1893/94. S. 557.

2) Obrutschew, zit. nach Supan, Grundzüge der physik. Erdkunde. V. Aufl. Leipzig 1911, S. 471.

3) Thoroddsen, Island, S. 7; zit. nach Supan, Grundzüge der physik. Erdkunde. V. Aufl. Leipzig 1911, S. 471.



frieren und Auftauen sich wiederholt, um so rascher wird eine Gesteinsmasse zerfallen. In Polargebieten und im Hochgebirge schwankt die Temperatur fast täglich um den Nullpunkt, daher die großen Massen scharfkantiger, unzersetzter Fragmente, oft kolossaler Dimensionen, die in jenen Zonen den Boden decken.

Auch das von den Gesteinen selbst als sogenannte „Bergfeuchtigkeit" eingeschlossene Wasser kann durch Gefrieren Druck- und Sprengwirkung hervorrufen. Nach Delesse [1]) beträgt nach Gewichtsprozenten die Gebirgsfeuchtigkeit von:

Kreide, weiß, 19,3—20,7
Grobkalk (Eocän) von Paris, 23,4
plast. Ton (von Vangirard), 19,6—23,2
Gips, 1,5
grobkörnig. Granit (von Sémur), 0,37
Quarz, 0,08.

§ 6. Mechanischer Druck des bewegten Wassers, Eises und der Luft [2]) sind die weiteren Faktoren der physikalischen Verwitterung. Sie zertrümmern aber nicht allein die Erdrinde, sie bewirken auch den Transport der Verwitterungsprodukte; man spricht dann von Verschwemmung (Abtrag), wenn das Wasser, von Verwehung (Deflation), wenn der Wind das treibende Agens ist.

„Steter Tropfen höhlt den Stein"; je mehr Tropfen, je höher der Fall, je weicher das Gestein, um so stärker die Wirkung. Aus einem Felsen kann auf diese Weise ein Loch, eine Rinne, aus einem Gebirgszug ein Tal herausgewaschen (erodiert) werden.

In Gebirgen zeigt sich die Kraftentfaltung des Wassers am mächtigsten; Spuren seiner Tätigkeit finden sich überall. Hingewiesen sei hier nur auf die Klammen und Erosionsschluchten der Alpen, den Grand Cañon in Colorado und die nagende Meereswoge (vergl. Helgoland). Sonst gibt jedes Flußbett in den groben, kantigen Bruchstücken im Oberlauf gegenüber den feinkörnigeren, abgerundeteren nächst der Mündung Zeugnis für die Stoßkraft des Wassers. Stoß und Reibung werden verstärkt, wenn Gesteinsfragmente mitgeführt werden.

Die Kraft des bewegten Eises zeigen am deutlichsten die Gletscher, die durch ihre gleitende Bewegung das Gesteinsmaterial, auf dem sie ruhen, abreiben, abschleifen, zertrümmern (Moränen). Die vom Eis selbst umschlossenen Bruchstücke wirken ritzend und abhobelnd auf die Gesteinsunterlage ein, Ecken und Kanten werden abgeschliffen, die Oberfläche geglättet, daher „gekritztes Geschiebe", „Gletscherschliffe".

Die bewegte Luft, der Wind, tritt als Zertrümmerer besonders in ariden Gebieten (Wüsten) in Erscheinung. Der Wind hebt direkt gelockerte Felsenteile ab, die von ihm mitgeführten Gesteinstrümmer (Sand, Staub) wirken weiterhin abschleifend (corrasiv) auf das anstehende Gestein. Dadurch werden beispielsweise in den Wüsten tiefe Senken ausgegraben, Plateaus in getrennte Tafelberge (Zeugen) zerschnitten und pilzförmige Pfeiler herausmodelliert. Diese „Korrasion" ist um so stärker, je trockener und pflanzenärmer ein Gebiet ist, eine Vegetationsdecke schützt dagegen außerordentlich.

B. Die chemische Verwitterung oder die Zersetzung der Gesteine zerlegt dieselben durch Aenderung ihrer chemischen Zusammensetzung. In der Natur verlaufen diese Prozesse häufig Hand in Hand mit dem physikalischen Zerfall.

---

1) Delesse in: Daubrée, Les Eaux souterraines à l'époque actuelle I. 1887, zit. nach Bubenday, Handb. d. Ingenieurwissenschaften. IV. Aufl. Leipzig 1905. III. Teil, I. Bd. S. 63. Haas, Quellenkunde, 1895, S. 16, zit. nach voriger Quelle.

2) Wirkungen des Blitzes, Umwandlungen durch Eruptivgesteine, kontakt- und pneumatolytische Bildungen, an die noch gedacht werden könnte, sind relativ zu unbedeutend, um hier eingehender behandelt zu werden.

§ 7. Die Zersetzung durch Sauerstoff, Kohlensäure oder Wasser bezeichnet man gewöhnlich als einfache Verwitterung, von komplizierter Verwitterung spricht man dagegen, wo Salzlösungen wechselseitig auf Gesteine einwirken. Die Temperatur ist auch hierbei von Einfluß, insofern steigende Temperatur die Zersetzungsvorgänge beschleunigt. Daher unterliegen in der arktischen Zone die Gesteine viel weniger der Umsetzung als in den Tropen.

§ 8. Der Sauerstoff oxydiert und zwar besonders kräftig in seinen wirksameren Modifikationen, d. h. als Wasserstoffsuperoxyd ($H_2O_2$) und Ozon ($O^3$). Diese Stoffe bilden sich, wenn auch nur in Spuren, bei der Verdunstung, Verbrennung, elektrischen Entladung in Luft etc. und werden daher ständig in der Atmosphäre angetroffen (bis 2 mg in 100 l Luft). Die Gashülle, die die Erde umgibt, enthält sonst an der Erdoberfläche 20,93 Vol.-% = 23,28 Gewichts-% Sauerstoff. Besonders Verbindungen des Eisenoxyduls, die in vielen Gesteinen wie Augit, Hornblende etc. auftreten, unterliegen der Oxydation. Dabei tritt gewöhnlich ein Farbenumschlag auf; das dunkle, grün-schwarze Mineral nimmt rote bis gelbe Töne an, eine Lockerung, ein Zerfall kann Begleiterscheinung sein. Umgekehrt entstehen durch Sauerstoffaufnahme bei Manganoxydulsalzen dunkler gefärbte Produkte. Bei der Oxydation des Schwefelkieses ($FeS_2$) bildet sich freie Schwefelsäure, die natürlich energisch zersetzend ihre Umgebung beeinflußt. Auch beim Zerfall von Humusgestein (Ortstein) an der Luft spielt der atmosphärische Sauerstoff eine Rolle.

§ 9. Freie atmosphärische Kohlensäure wirkt auf Gesteine kaum zersetzend ein, sie baut mehr auf und kann zur Verkittung lockerer Bodenaggregate beitragen. Wenn dagegen kohlensäurehaltige Wässer zur Einwirkung kommen, wird die Kohlensäure zu einem der wirksamsten Agentien der Gesteinsverwitterung. Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre beträgt im Durchschnitt 0,03 Volumen-% = 0,05 Gewichts-%. Der Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure ist dagegen wesentlich höher, man kann dafür in den oberen Schichten 0,3 % annehmen. Diese Zahl steigt nach der Tiefe zu und variiert örtlich, besonders nach dem Gehalt des Bodens an sich umsetzenden organischen Stoffen.

Auch die vom Regenwasser absorbierte Luft zeigt nach Untersuchungen von Bunsen [1]) einen höheren Gehalt an Kohlensäure, der letztere betrug bei 15° C. = 2,26 Vol.-% gegen 0,0414 Vol.-% in der atmosphärischen Luft unter sonst gleichen Verhältnissen.

Nach Versuchen von Lessaigne [2]), Schlössing [2]), Hunt [2]) und Cossa [2]) lösen sich bei mittlerer Temperatur in 10 000 Teilen mit Kohlensäure gesättigten Wassers

| | | |
|---|---|---|
| von | Kalkkarbonat | ca. 10 Teile |
| „ | Magnesiumkarbonat | ca. 1,15 „ |
| „ | Dolomit | ca. 3,10 „ |
| „ | Eisenspath | ca. 7,2 „ |
| „ | Manganspath | ca. 4—5 „ |
| „ | Witherit | ca. 17,0 „ |

Aber nicht allein Karbonate, auch Silikate, auf die ja die Hauptmasse der Gesteine entfällt, unterliegen in relativ starkem Maße der Zersetzung durch kohlensäurehaltige Wässer. So erhielt Müller [3]) durch Behandlung mit kohlensäurehaltigem

1) Bunsen, Annalen der Chemie und Pharmazie, 1855, Bd. 93. S. 47.
2) Lessaigne, Schloessing, Hunt, Cossa siehe Literaturangaben bei Roth, Allgem. und Chemische Geologie, Berlin 1879, Bd. 1, S. 48—53.
3) Müller, Tschermaks Mineralog. Mitteilg. 1877, S. 25.



Wasser unter 3—4 Atmosphären Druck von 100 Teilen folgende Bestandteile in Lösung:

| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | MgO | CaO | $P_2O_5$ | FeO | % der angewend. Menge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Adular | 0,1552 | 0,1368 | 1,3527 | — | — | Spur | — | Spur | 0,328 |
| Oligoklas | 0,237 | 0,1713 | Spur | 2,367 | — | 3,213 | — | Spur | 0,533 |
| Hornblendefels | 0,419 | Spur | — | Spur | Spur | 8,528 | — | 4,829 | 1,536 |
| Magneteisen | — | — | — | — | — | — | — | 0,942 | 0,307 |
| Moroxit | — | — | — | — | — | 1,696 | 1,417 | — | 1,529 |
| Apatit | — | — | — | — | — | 2,168 | 1,822 | — | 2,018 |
| Olivinfels | 0,873 | — | — | Cu O, Sp. | 1,291 | Spur | — | 8,733 | 2,111 |
| Serpentin | 0,354 | Spur | — | — | 2,649 | — | — | 1,527 | 1,21 |

Man ersieht daraus, daß von den Bestandteilen dieser Mineralien am meisten Kalk und Eisenoxydul, am wenigsten Tonerde und Kieselsäure ausgelaugt wurde.

Nun laufen bei der Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers 2 Prozesse ineinander, die eigentlich zu trennen wären; wie man aus dem folgenden (s. unten) ersehen kann, ruft schon Wasser an sich eine Umsetzung auch der Silikate hervor, und neuere Forscher haben dieser Umsetzung höhere Werte beigemessen, als derjenigen, die auf Rechnung der Kohlensäure zu setzen wäre.

Dagegen führt man neuerdings die Kaolinisierung des Feldspats hauptsächlich auf Kohlensäurewirkung zurück [1]), während man früher dafür „Humussäureverwitterung" voraussetzte [2]).

Die atmosphärischen Niederschläge führen dem Boden auch ständig gewisse Mengen schwefliger Säure und Schwefelsäure zu, die den Rauchgasen entstammen. Daher ist deren Gehalt höher in dichtbevölkerten Gegenden und in Industriezentren; im übrigen nimmt der Schnee im allgemeinen mehr auf als der Regen. Die Bautechnik rechnet bereits mit diesem Verwitterungsagens (Kölner Dom), weniger noch die Bodenkunde.

§ 10. Wasser vermag auf Gesteinselemente sowohl mechanisch lösend wie chemisch zersetzend einzuwirken [3]). — Die mechanische Lösung kann eine vollständige, aber auch eine nur partielle sein. Vollständig unlöslich in Wasser ist eigentlich kein Mineral, man müßte richtigerweise nur zwischen leicht- und schwerlöslichen unterscheiden. Leicht löslich sind Karnallit und Tachhydrid (die schon an der Luft zerfließen), ferner Steinsalz, Sylvin, Salpeter, Tonerde- und Eisensulfate, Alaune, Borax usw., schwer löslich Anhydrid, Gips, kohlensaurer Kalk, Dolomit u. a.

In humiden Gebieten (wo die Höhe der Niederschläge die Höhe der Verdunstung überwiegt), werden die leichtlöslichen Gesteinsanteile rasch verwaschen, nur schwerlösliche bleiben zurück; daher zeigen die im Boden zirkulierenden Wässer ziemlich konstante Zusammensetzung in ihrem chemischen Gehalte. Unter gleichen physikalischen und chemischen Bedingungen hat jeder Körper eine bestimmte Lös-

1) Vgl. Endell und Stremme, Ueber die chem. und mineralog. Veränderung bas. Eruptivgesteine b. d. Zersetzung unter Mooren. Diss. Berlin 1911. Daselbst auch Literatur.

2) Es sei hier wenigstens darauf hingewiesen, daß von anderer Seite (Rösler, Ueber Kaolinbildung. Zeitschr. f. prakt. Geologie 16. 251. 1908) einer pneumatolytisch-thermalen Entstehung des Kaolins das Wort geredet wird.

3) Die von Debo (Protokoll d. 7. General-Vers. d. Vereins deutscher Zementfabrikanten. 1881, mitgeteilt bei Hirschwald, Prüfung d. nat. Bausteine, Berlin 1908, S. 20) mitgeteilten Untersuchungen, die ergaben, daß Gesteine durch Einlegen in Wasser eine Ausdehnung erfahren, die geringer ist, als die Schwindung bei nachfolgendem Trocknen, bedürfen der Nachprüfung.

ichkeit; die Zahl, welche diese Löslichkeit bezeichnet, nennt man den Löslichkeitskoeffizienten.

Die Aufnahmefähigkeit des Wassers für lösliche Stoffe ist verschieden je nach Art der letzteren, nach Temperatur, Druck etc. Bei schwerlöslichen Körpern ist noch die Größe der Oberfläche von besonderem Einfluß; je größer dieselbe ist, um so rascher wird durch die Vermehrung der Angriffsflächen eine Lösung vor sich gehen. Darauf ist es z. B. zurückzuführen, daß grobkörnige Stoffe sich langsamer lösen wie feinpulvrige, amorphe rascher wie kristalline, daß polierte Gesteinsplatten weniger rasch verwittern als rauhe, daß blättrige und durchlässige Schiefer löslicher sind als kompakter Gneis oder Granit usf.

Die Löslichkeit steigt im allgemeinen mit der Temperatur. In manchen Fällen vermehrt der Druck die Löslichkeit; bei Salzen jedoch, die sich unter Volumenvermehrung auflösen, vermindert sie sich mit zunehmendem Druck [1]).

Durch die lösende Wirkung des Wassers können ganze Gesteinsschichten weggeführt werden (Gipslöcher). Erfahrungsmäßig sind jedoch einzelne Teile eines Gesteins, auch bei gleicher chemischer Zusammensetzung, schwieriger löslich: sie ragen als Ecken und Adern hervor. Besonders die Kalkgesteine der Hochgebirge zeigen diese Eigentümlichkeit ausgesprochenermaßen; man bezeichnet sie als Schratten oder Karrenfelder.

Wasser kann aber auch derart zersetzend einwirken, daß es sich Körpern, mit denen es in Berührung kommt, addiert (Hydratisierung). So geht z. B. der in größeren Massen auftretende Anhydrid durch Wasseraufnahme rasch in Gips über, womit eine Volumenzunahme verbunden ist. Wo sich dieselbe nicht ausgleichen kann, werden Spannungen die Folge sein, die zur Lockerung des Gesteinsgefüges führen können. 1 Volumen Anhydrid liefert 1,623 Volumen Gips, andere Mineralien zeigen ähnliches Verhalten.

Eine weitere chemische Wirkung des so indifferenten Wassermoleküls $H_2O$ wird dadurch hervorgerufen, daß es der „Dissoziation" [2]) unterliegt, d. h. es wird in ein H- und ein OH-Ion gespalten, die beide elektrisch geladen sind, H positiv, OH negativ. Die Reaktionsfähigkeit eines Stoffes beruht nach Arrhenius auf den in der Volumeneinheit tatsächlich vorhandenen Ionen. Temperaturerhöhung steigert den Zerfall in Ionen. Ist nun auch die Konzentration der Ionen im Wasser verhältnismäßig gering (in 10 000 000 l Wasser sind etwa 17 g OH- und 1 g H-Ionen enthalten), so ist doch zu bemerken, daß die durch diese Vorgänge hervorgerufenen Umsetzungen dadurch an Bedeutung für die Verwitterung des Bodens gewinnen, daß in der Natur ständig verhältnismäßig große Wassermengen zirkulieren.

§ 11. Die komplizierte Verwitterung kennzeichnet sich durch Einwirkung von Salzlösungen auf die Gesteine. Solche Salzlösungen entstehen in der Natur durch Vorgänge der einfachen Verwitterung, wie sie vorher geschildert worden sind. Namentlich geben die weithin verbreiteten Alkalisilikate an das Wasser Kieselsäure

1) In den weitaus meisten Fällen ist sonst mit dem Uebergang eines festen Körpers in eine Flüssigkeit eine Volumenverminderung verbunden: die Lösung nimmt also weniger Raum ein als der feste Körper und die Flüssigkeit zusammen.

2) Der Name ist im Anschlusse an das Wort „Dissoziation" gebildet, das für den teilweisen Zerfall der Stoffe lange im Gebrauch ist. Die Abscheidung von Bestandteilen eines zusammengesetzten Körpers durch den elektrischen Strom bezeichnet man nach Faraday als Elektrolyse, den Leiter, dessen Bestandteile auf diese Weise getrennt werden, nannte er Elektrolyten, die wandernden Teile Ionen (oder „bewegte Teile") und zwar bezeichnete Faraday die nach der Anode hingehenden Ionen als Anionen und analog die sich auf die Kathode zu bewegenden Ionen als Kationen (ana [griech.] = auf; Kata [griech.] = ab.



und Alkali ab. Es entstehen dadurch lösliche Alkalisilikate und in kohlensäurehaltigem Wasser Alkalikarbonate. Diese neuen Lösungen können sofort benachbartes Gestein angreifen und die Tätigkeit der Atmosphärilien unterstützen oder ablösen, so daß es fast unmöglich ist zu entscheiden, wo die einfache Verwitterung aufhört und die komplizierte Verwitterung beginnt.

Der Verlauf der komplizierten Verwitterung ist im einzelnen von Art und Menge des Stoffes und des auf ihn einwirkenden Lösungsmittels, ferner von Temperatur und Druck abhängig.

Die Einzelfaktoren der komplizierten Verwitterung, welche die Theorie kennt, nur einigermaßen im Rahmen des verfügbaren Raumes verständlich darzustellen, ist unmöglich; ich verweise deshalb auf die Lehrbücher der anorganischen und der Mineralchemie, wo man Einzeldarstellungen findet. Einführend werden die Probleme behandelt durch: Ramsay, Einleitung in das Studium der physikalischen Chemie, Leipzig 1908; Ostwald, Prinzipien der Chemie, Leipzig 1907; ausführlicher: Ostwald, Grundriß der allg. Chemie, Leipzig 1909, IV. Auflage; Doelter, Physik.-chemische Mineralogie, Leipzig 1905, und besonders Nernst, Theoret. Chemie, Stuttgart 1909, VI. Auflage.

Der Verlauf der komplizierten Verwitterung in der Natur ist nur in seltenen Fällen genau zu verfolgen, die zurückgebliebenen Verwitterungsprodukte geben nur ungenügend Aufschluß über die Umwandlungsvorgänge selbst. Aufklärung hat man sich meist (qualitativ) durch das Experiment verschafft, was aber von natürlichen Bedingungen oft genug abweichen muß.

Bei diesen Versuchen, aber ebenso bei den natürlichen Verwitterungsprozessen tritt besonders das Gesetz der Massenwirkung in Funktion. Nach der Formulierung von Waage und Guldberg[1]) besagt dasselbe: Die chemische Wirkung ist proportional den wirkenden Stoffmengen, diese durch die in der Volumeneinheit enthaltenden Mengen gemessen. In der Natur gewinnen Reaktionsprodukte dadurch an Umfang, daß die Menge der einwirkenden Massen, die sich wechselseitig beeinflussen, groß ist und Reaktionsmöglichkeiten öfter wiederkehren.

Wirkt eine Salzlösung auf ein Gestein ein, so findet nach Maßgabe der wirksamen Massen ein Austausch zwischen ihren Bestandteilen statt, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht ist. Sobald dies geschehen ist, tritt ein Stillstand in der Umwandlung ein, der so lange andauert, bis eine Aenderung in den Zustandsverhältnissen (Zusammensetzung der Lösung, Temperatur, Druck) eintritt. Gegebenen Falles wird dann von neuem ein Gleichgewichtszustand eintreten usf. Erneute Wasserzufuhr würde das Gleichgewicht zuungunsten der festen Stoffe verschieben, sie würden Teile an das Wasser abgeben, bei Wasserverlust käme das Umgekehrte in Frage, d. h. das Wasser würde vorher gelöste Teile als feste Stoffe wieder abscheiden. Voraussetzung wäre dabei, daß die Faktoren Wärme und Druck, die in gleicher Weise reaktionsfähig sind, keine Aenderungen erleiden.

Je größer nun die Masse der „aktiven Komponenten" ist und je öfter ein Wechsel stattfindet, um so größer ist die Umsetzung; je mehr dabei lösliche Produkte entstehen und weggeführt werden, um so umfangreicher sind die Erscheinungen der komplizierten Verwitterung. Beispiele dafür anzugeben erübrigt sich aus den angeführten Gründen, die meistens genannten sind unter der Herrschaft älterer Anschauungen gewonnen (s. Bischof, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, Bonn 1863, Bd. I, p. 42 u. folg.). Eine erneute Durcharbeitung unter Berücksichti-

1) Waage und Guldberg, Études sur les Affinités Chimiques, Christiania 1867.



gung der neueren physikalisch-chemischen Forschungsmethoden wäre nötig. Richtig ist aber heute noch der Satz, den Bischof an den Kopf seines Werkes setzte: „In der Erdkruste finden wir, soweit wir sie kennen, stets diejenigen Stoffe miteinander gemischt, welche die schwerlöslichsten Verbindungen geben." (Lit. s. Niklas, Chemische Verwitterung der Silikate und der Gesteine. Wien-Berlin-London 1912.)

Mechanischer wie chemischer Art sind die Erscheinungen, welche

C. die Verwitterung durch Organismen erfährt. Es handelt sich dabei um Tiere und Pflanzen im lebenden oder toten Zustande. Durch ihre Lebenstätigkeit entnehmen sie dem Boden direkt oder indirekt eine Reihe Stoffe und geben sie in veränderter Weise wieder ab.

§ 12. Das schalentragende Wild (Hirsch, Reh, Sau etc.) wirkt mechanisch auf die Oberfläche des Bodens ein, besonders bei herdenweisem Auftreten; andere [1]) (Fuchs, Dachs, Maulwurf, Maus, Kaninchen, Würmer, Schnecken, Tausendfüßler, Ameisen, Sandwespen, Käfer etc.) leben ganz oder teilweise im Boden; durchwühlen, zerkleinern, transportieren und verändern ihn in chemischer und physikalischer Hinsicht. Abgestorben unterliegen die Leiber der Mineralisierung; auch dabei treten Verwitterungserscheinungen auf.

Das gleiche gilt vom Menschen, der aber in bewußter Weise durch seine wirtschaftliche Tätigkeit die Verwitterung in weitem Maße beeinflußt.

§ 13. Die Pflanze vermag je nach ihrer Art mit den Wurzeln in den Boden einzudringen, tiefer als man gemeinhin annimmt. Liegt auch das Hauptverbreitungsgebiet nächst der Oberfläche, die letzten Enden arbeiten oft weit unter derselben drückend und umsetzend als Agenzien der Verwitterung. Man findet in Steinbrüchen noch in 5—8 m Tiefe Wurzeln und Wurzelreste. Keilhack [2]) beobachtete bei Bitterfeld frische Pappelwurzeln 12 m unter der Oberfläche. Anghey [3]) berichtet, daß die Wurzel der Buffalobeere (Shepherdia argophylla) 55 Fuß tief in den Lößboden von Jowa und Nebraska eindringt.

Verhältnismäßig stark ist auch der Druck, den die wachsende Pflanze gegen eine hemmende Widerlage auszuüben vermag. Pfeffer [4]) gibt für die Turgorenergie 4,3—15 Atmosphären pro 1 $cm^2$ an und berechnet so, daß bei 6 Atmosphären durch ein 10 cm dickes und 100 cm langes Wurzel- und Stengelstück (Faba vulgaris) nach außen ein Gesamtdruck von 6000 Kilo ausgeübt werden könne. Da die Außenleistung mit der Größe der drückenden Fläche steigt, verstärkt sie sich speziell bei Pflanzen durch Abplattung der Wurzeln, die in Felsspalten sich ausbreiten müssen. So wird es erklärlich, wie durch eingeklemmte Stamm- und Wurzelstücke schwere Steine abgeschoben und Felsstücke abgesprengt werden können.

Nach der chemischen Seite werden durch die sauren Wurzelsekrete der Pflanzen Gesteine und Gesteinselemente angeätzt [5]). Besonders kräftig arbeiten diesbezüglich von den niederen Pflanzen die Flechten und Algen. Ihre grauen, bräunlichen, gelben Rinden überziehen selbst den härtesten Felsen und bohren in denselben mit ihren zarten Wurzelfortsätzen kleine Höhlungen. Rasch ändert sich durch ihren

1) Vergl. Ramann, Regenwürmer und Kleintiere im deutschen Waldboden. Intern. Mitteil. f. Bodenkunde, 1912. Bd. I. S. 158.

2) Keilhack, Vortrag 38. Plenarvers. d. Deutschen Landwirtschaftsrates. 18. 2. 1910. S. 572.

3) Anghey, Phys. Geogr. and Geol. of Nebraska 1880, S. 275, zit. nach Geikie, Textbook of Geologie, 1885, S. 439.

4) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Leipzig 1904, Bd. II, S. 144.

5) Vergl. Sestini, Die kaolinisierende Einwirkung der Wurzeln auf die Feldspate im Erdreiche. Landw. Vers.-Stationen, 1900, Bd. 54, S. 147.



Anflug die Farbe frisch freigelegter Felspartien. So bedecken sich die ätnaischen Laven schon nach wenigen Jahren mit Ptercocaulon vesuvianum, einer grauen Flechte. Diese lockert im Verlauf weniger Jahrzehnte die Gesteinsoberfläche soweit, daß sie bepflanzt werden kann.

Auch von Mikroorganismen, die den Boden bevölkern, ist bekannt, daß sie saure Substrate abgeben. Durch ihre Atmung machen sie weiterhin relativ große Mengen Kohlensäure [1]) frei und werden durch die Massen, in denen sie auftreten können, zu einem wirksamen Faktor der Verwitterung.

Besonders zahlreich ist im allgemeinen die Mikroorganismenflora der Garten- und Ackerböden. Im Forstgarten zu Karlsruhe fand ich bei 5 cm Tiefe im Juli 1908 unter Lupinen bis 160 Millionen in 1 g Bodentrockensubstanz (bei 105—110 ° getrocknet). Waldböden ergaben im allgemeinen niedrigere Zahlen, dieselben sind wieder höher für lockere, gekrümmelte, gahre Bodenschichten und mindern sich für fest gelagerte, saure Komplexe; während sich hier die Zahl der Fadenpilze im Verhältnis zur Zahl der Bakterien erhöht, fällt die Gesamtmenge der Mikroorganismen ab.

So zählten Ramann, Remelé, Schellhorn und Krause [2]) in auflagernder Waldstreu folgende Mengen pro 1 g Trockensubstanz:

1. Kiefer mit Buchenunterwuchs;
2. Kiefer ohne Buchenunterwuchs, Parallelfläche zu 1, nur durch Gestell getrennt, mit reichlicher Heidelbeer- und Moosdecke;
3. obere lose Streudecke (Buche);
4. unterlagernde, lockere, vorjährige Streu (unter 3);
5. Streu im Eichenstangenholz;
6. Streu unter Fichten (lockere Nadeldecke des Waldmantels);
7. unter Kiefer (geschlossene ältere Schonung).

| | Spaltpilze | Fadenpilze |
|---|---|---|
| 1. | 35 000 000 | 60 000 |
| 2. | 1 647 000 | 343 000 |
| 3. | 31 000 000 | 560 000 |
| 4. | 264 000 | 800 000 |
| 5. | 40 000 000 | 3 430 000 |
| 6. | 50 000 000 | unzählbar |
| 7. | 5 153 000 | 1 360 000 |

Vergl.: Behrens, Artikel „Mykologie des Düngers und des Bodens" in Lafar, Handbuch der Techn. Mykologie, Jena 1904, Bd. III, S. 416. — Löhnis, Handbuch der landw. Bakteriologie, Berlin 1910. — Kossowicz, Einführung in die Agrikulturmykologie, I. Teil, Bodenbakteriologie, Berlin 1912. — Zur Einführung sei empfohlen: A. Fischer, Vorlesungen über Bakterien, 2. Aufl., Jena

1) Stocklasa und Ernest, Ueber den Ursprung, die Menge und die Bedeutung des Kohlendioxydes im Boden. Zentrbl. f. Bakt. und Parasitenkunde, II. Abt. XII. Bd. H. 22—23, S. 723. Zit. nach Biedermanns Zentrbl. f. Agrikulturchemie, 1906, S. 649: „Angenommen, die in 1 kg Ackerkrume enthaltenen Mikroorganismen bis zu einer Tiefe von 40 cm atmen innerhalb 24 Stunden nur 15 mg $CO_2$ aus (diese Quantität ist bei Waldböden bis 4mal größer), so ergibt sich bei einer Lehmbodenmasse von 5 Mill. kg, die 1 ha Ackerkrume von einer Schichthöhe von 40 cm durchschnittlich wiegt, ein von diesen Organismen ausgeatmetes Kohlendioxydquantum von 75 kg, pro Tag, was, wenn wir 200 Tage im Jahr rechnen, an welchen die Temperatur 15 ° C erreicht, 150 Meterzentner Kohlendioxyd in dieser Zeit ausmacht."

2) Ramann, Remelé, Schellhorn, Krause, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1899, S. 575, zit. nach Ramann, Bodenkunde, III. Aufl., Berlin 1911, S. 439.



1903, 8 Mk. — E. Küster, Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen, Leipzig 1907, 7 Mk. — Schmid und Weis, Die Bakterien. Naturhist. Grundlage f. d. bakteriolog. Studium, Jena 1902, 7 Mk. — Gutzeit, Die Bakterien i. Kreislauf d. Stoffes i. d. Natur u. i. Haushalt des Menschen. Bd. 233 d. Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt. Lpzg. 1909, Mk. 1.25.

§ 14. Aehnlich den tierischen Abfällen, aber in noch stärkerem Grade durch massiges Auftreten, beeinflussen die abgestorbenen pflanzlichen Reste die Verwitterung des Mineralbodens.

Zur Zersetzung organischer Reste bedarf es bekanntlich einer Zufuhr von Sauerstoff, der den umgebenden Medien entzogen wird, die dadurch sauerstoffärmer, also reduziert werden. Solche Reduktionsprozesse sind in der Natur ziemlich häufig beobachtet worden; so geht Gips bei Gegenwart verwesender organischer Stoffe in das für die Pflanzen gefährliche Calciumsulfid über, tritt Wasser zu, entsteht der bekannte giftige Schwefelwasserstoff:

$$CaSO_4 + 2\,C = CaS + 2\,CO_2$$
$$CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S$$

Eisenoxyd und Eisenhydroxyd werden zu Eisenoxydul und Eisenhydroxydul umgewandelt, salpetersaure Salze zu salpetrigsauren, schließlich zu Ammoniak und freien Stickstoff etc.

Andrerseits wirken auch die bei der Zersetzung der organischen Pflanzenmassen aus dieser selbst entstehenden Abbauprodukte (Gase, Säuren, absorptiv ungesättigte Colloide s. S. 227) auf den Mineralboden zersetzend ein. Diese Zersetzung ist um so stärker, je mehr dieselbe im Sinne der Fäulnis (s. S. 208) verläuft; der Nährstoffgehalt von Böden unter Trockentorf und Moortorf (s. S. 263) wird dadurch stark in Mitleidenschaft gezogen.

Früher führte man diese Erscheinungen auf „Humussäurewirkung" zurück, die Existenz spezifischer Humussäuren ist aber nach dem Stande jetziger Erkenntnis zweifelhaft (s. S. 226), fraglos aber ist, daß besonders absorptiv ungesättigte, humose Stoffe (Torf, Trockentorf) eine bedeutende gesteinszersetzende Fähigkeit besitzen. Dadurch werden besonders Alkalien und Erdalkalien, aber auch Eisen, Tonerde, Phosphorsäure und selbst Kieselsäure beweglich; eine Zersetzung der Gesteine, eine Bodenverarmung, Ortstein und Raseneisensteinbildung (S. 215 und 216) können die Folge sein.

Ramann [1]) fand z. B. folgende Unterschiede im Mineralstoffgehalt dreier Böden gleicher Abstammung, die nicht 20 Schritt voneinander entfernt und zum Teil verstärkter Verwitterung durch Trockentorfbelag (s. S. 209) ausgesetzt waren:

Salzsäure löste aus 100 Teilen Boden:

| | Mullboden (gesund) | Boden mit 2 cm Trockentorf bedeckt | Boden mit 7 cm Trockentorf bedeckt |
|---|---|---|---|
| Kali | 0,0107 | 0,0107 | 0,0092 |
| Natron | 0,0063 | 0,0071 | 0,0069 |
| Kalk | 0,0875 | 0,0508 | 0,0360 |
| Magnesia | 0,0440 | 0,0333 | 0,0130 |
| Manganoxyduloxyd | 0,0500 | 0,0250 | 0,0150 |
| Eisenoxyd | 0,4875 | 0,4287 | 0,3375 |
| Tonerde | 0,5625 | 0,4287 | 0,3487 |
| Phosphorsäure | 0,0489 | 0,0320 | 0,0296 |
| Gesamtgehalt an löslichen Stoffen | 1,2974 | 1,0163 | 0,7959 |

1) Ramann, Die Waldstreu, Berlin 1890, S. 48.

Vergl. Senft, Humus-, Marsch- und Limonitbildung. Leipzig 1862. — Wollny, Die Zersetzung der organ. Stoffe etc. Heidelberg 1897. — P. E. Müller, Studien über die natürlichen Humusformen. Berlin 1887. — Vergl. auch Literatur unter „Entstehung der Moore", S. 210 und „Humusböden" S. 261.

## II. Kapitel.

## Die wichtigsten Mineralien und Gesteine [1]).

Literatur: Naumann-Zirkel, Elemente d. Mineralogie, 15. Aufl., Leipzig 1907. Tschermak, Lehrbuch d. Mineralogie, 6. Aufl., Wien 1905. Roth, Allgemeine und chemische Geologie, Berlin 1879. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre, II. Aufl., Stuttgart 1901

§ 15. Allgemeines. In Mitteleuropa ist der Boden in seinen Eigenschaften zum guten Teil von dem Gesteine abhängig, durch dessen Verwitterung er hervorgegangen ist. Weil aber die Gesteine wiederum zum größten Teil aus Mineralien bestehen, so sind die Eigenschaften unserer Böden am letzten Ende auch durch die Mineralien bestimmt, die das Gestein zusammensetzen.

Im folgenden sei deshalb eine kurze Uebersicht über die hauptsächlichsten Mineralien und Gesteine gegeben, die für die Bodenbildung von Bedeutung sind.

Was zunächst die Zusammensetzung der festen Erdrinde angeht, so ergab der Durchschnitt aus 880 Analysen verschiedener Gesteine nach Clarke [2]) in Prozenten:

| | | |
|---|---|---|
| Kieselsäure | ($SiO_2$) | 58,59 [3]) |
| Tonerde | ($Al_2 O_3$) | 15,04 |
| Eisenoxyd | ($Fe_2 O_3$) | 3,94 |
| Eisenoxydul | ($FeO$) | 3,48 |
| Kalk | ($CaO$) | 5,29 |
| Magnesia | ($MgO$) | 4,49 |
| Kali | ($K_2 O$) | 2,90 |
| Natron | ($Na_2 O$) | 3,20 |
| Wasser | ($H_2 O$) | 1,96 |
| | | 98,89 |

In den Rest teilen sich die übrigen vorstehend nicht aufgeführten Elemente.

Von den zahlreichen Mineralien, die man bis jetzt kennt, sind nur ein geringer Teil bodenkundlich von Bedeutung. Hauptsächlich kommen in Betracht: Kieselsäure und kieselsaure Salze (Silikate), kohlensaure Salze (Karbonate), schwefelsaure Salze (Sulfate), phosphorsaure Salze (Phosphate), Salze der Chlorwasserstoffsäure (Chloride).

Das Wasser, beziehentlich der Wasserstoff, ist in zwei Formen in den Gesteinen vertreten. In den meisten Fällen findet es sich molekular mit den Stoffen verbunden; so sind viele Verwitterungsprodukte, wie die wasserhaltigen Silikate, Verbindungen eines Salzes mit Wasser. Durch einfaches Erhitzen geht dieses

1) Dieses und das folgende Kapitel wurden zum Teil unverändert der alten Auflage entnommen; für die Durchsicht bin ich Herrn Privatdozent Dr. Henglein, hier zu Danke verpflichtet.

2) Clarke, The relative abundance of the chemical elements. U. S. geol. Survey. Bull. Nr. 78 p. 34, zit. nach Rosenbusch, Elemente d. Gesteinslehre, II. Aufl., Stuttgart 1901, S. 18.

3) Bei Mineral- und Bodenanalysen ist es gebräuchlich, die einzelnen Bestandteile als Basisoxyde bezw. Säureanhydrite aufzuführen, was zwar weder neueren chemischen Anschauungen noch den im Gestein tatsächlich vorkommenden Elementgruppierungen entspricht, aber manche praktische Vorteile hat. (Schwefelsäure = $SO_3$, Phosphorsäure $P_2O_5$, Salpetersäure $N_2O_5$, Chlor = Cl, Mangan = $MnO$ oder $Mn_3O_4$, die anderen Anteile s. obige Analyse von Clarke).



letztere in der Regel bald verloren (z. B. Gips $CaSO_4 + 2H_2O$ gibt beim Glühen $CaSO_4$ und 2 Mol. $H_2O$). Solches locker gebundenes Wasser nennt man Kristallwasser.

Ganz anders ist das Verhältnis solcher Körper, in denen der Wasserstoff an dem inneren Aufbau des Moleküls teilnimmt und die in der Regel den Wasserstoff erst bei höherer Temperatur und dauerndem Glühen (z. B. Glimmer, Turmalin) verlieren. Häufig bietet es große Schwierigkeiten, die Art der Bindung festzustellen, für viele Fälle ist die Frage überhaupt noch eine offene, sie ist aber für die theoretische Erkenntnis von Wichtigkeit. Dies fest gebundene Wasser heißt der Fachmann Konstitutionswasser.

§ 16. A. **Kieselsäure (Kieselerde) und kieselsaure Salze (Silikate).** Quarz ist chemisch Siliciumdioxyd ($SiO_2$), hat spez. Gew. 2,65, Härte 7, Spaltbarkeit fehlt, Bruch muschelig, fettglänzend, Farbe in reinen Varietäten farblos (Bergkristall), durch geringe Beimengungen oft rauchgrau, gelblich, bläulich etc. gefärbt; mit anderen Mineralien gemengt, erscheint er in Gesteinen oft dunkel durch undurchsichtigere, hinter ihm gelegenen Aggregate. Gefärbte Kieselsäure findet man als: Opal, Chalcedon, Feuerstein, Amethyst, Hornstein, Jaspis, Rauchquarz, Avanturin etc. Verwitterung: Quarz ist von den Atmosphärilien schwer angreifbar, in der Natur zerfällt er meist durch mechanischen Druck in kleinere, scharfkantige Bruchstücke; oft vorhandene Einschlüsse begünstigen den Zerfall. Durch gegenseitige Reibung bei gelegentlichem Transport (Wasser, Wind etc.) runden sich die Kanten.

Für Salzlösungen ist Quarz so gut wie unangreifbar, immerhin kennt man Pseudomorphosen (d. h. Mineralmassen, die in den Formen eines anderen Minerals auftreten) nach Quarz von Speckstein, Kalkspat, Roteisen etc.

Quarz ist wesentlicher Gemengteil in Granit, Quarzporphyr, Gneis, Glimmerschiefer, Granulit, Quarzit, Phyllit, Sandstein. Bei der Verwitterung der zusammengesetzten Gesteine bleibt Quarz als das relativ am schwersten angreifbare Mineral gewöhnlich zurück und macht einen Hauptanteil vieler Bodenarten aus.

Opal ist wasserhaltige (3—13 %), amorphe Kieselsäure, findet sich namentlich in den Hohlräumen vulkanischer Gesteine, hat aber als bodenbildendes Mineral nur geringe Bedeutung. Dieselbe ist größer für Polierschiefer, Tripel und Kieselguhr, die in der Hauptsache aus Kieselpanzern von Diatomeen bestehen, chemisch aber ebenfalls aus wasserhaltiger, amorpher Kieselsäure gebildet werden.

Olivin (Peridot) ist ein Gemisch von

$Mg_2SiO_4$ (= 57,2 % Magnesia, 42,8 % Kieselsäure) und

$Fe_2SiO_4$ (= 70,5 % Eisenoxydul und 29,5 % Kieselsäure)

in wechselndem Verhältnis. Er findet sich in glasglänzenden, meist flaschengrünen (aber auch gelb, rot, braun) Kristallen in Körnern in den kieselsäureärmeren Eruptivgesteinen, namentlich Basalt, Melaphyr und Gabbro, gesteinsbildend als Peridotit. Die Verwitterung des Olivins setzt an den zahlreichen Rissen und Sprüngen des Minerals ein und besteht meistens in einer Wasseraufnahme (Hydratisierung) und Oxydation des Eisenoxyduls, wobei die grünliche Farbe in gelb bis braun übergeht. Olivin zersetzt sich relativ leicht, das bekannteste Zersetzungsprodukt ist der dunkel gefärbte Serpentin, welcher ein größeres Volumen als der ursprüngliche Olivin besitzt und durch seine Bildung dessen Verwitterung sehr begünstigt. Der chemischen Zusammensetzung nach ist Serpentin ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat von der Formel $2H_2O$, $3MgO$, $2SiO_2$, mit 43,5 % Kieselerde, 43,5 % Magnesia und 13 %

Wasser. Eisensilikat als $H_4Fe_3Si_2O_9$, findet sich ständig beigemischt. Das Gestein findet sich meist zwischen Gneis, körnigem Kalk, Talk- und Chloritschiefern, Granululit etc. eingelagert und geht durch Verwitterung unter dem Einflusse kohlensäurehaltigen Wassers in Magnesit ($MgCO_3$) und schließlich in Bruzit (MgO. OH) über.

Aehnlich dem Serpentin sind Talk und Speckstein sekundäre, wasserhaltige Magnesiasilikate ($H_2Mg_3[SiO_4]_3$) mit 63,5% Kieselsäure, 31,8% Magnesia und 4,7% Wasser. Mit Quarz fein gemengt findet man Talk meist in kristallinen Schiefern (Talkschiefern); in Pseudomorphosen kommt er auch nach Augit, Hornblende, Olivin etc. vor, durch deren Verwitterung er meist entsteht. Talk selbst verwittert kaum, er zerfällt nur mechanisch.

Speckstein ist nur ein feinkristallines (cryptokristallines) bis dichtes Talkaggregat.

§ 17. Feldspate sind Doppelsilikate, Verbindungen der Kieselsäure mit Tonerde, Kali, Natron und Kalk.

Man teilt sie ein in:

1. Kalifeldspat { a) Orthoklas (monoklin) / b) Mikroklin (triklin)

2. Natronfeldspat = Albit (triklin)
3. Kalkfeldspat = Anorthit (triklin)
{ isomorphe Mischungen von Natron- und Kalkfeldspat sind Oligoklas und Labrador, beide kristallisieren triklin.

Die Härte der Feldspate schwankt zwischen 6 und 7, ihr spez. Gewicht zwischen 2,5—2,75; die triklinen Feldspate bezeichnet man auch als Plagioklase.

Orthoklas, ein Kalitonerdesilikat nach der Formel $K_2O$, $Al_2O_3$, 6 $SiO_2$ = $K_2Al_2Si_6O_{16}$ oder $KAlSi_3O_8$ mit 16,9% Kali, 18,3% Tonerde, 64,8% Kieselerde, hat Härte 6 und 2,53—2,58 spez. Gewicht, er bildet einen wesentlichen Gemengteil der Granite, Syenite, Porphyre, Trachyte, Gneise, Granulite u. a., zeigt splittrigen Bruch, und meist rötlich-weiße, aber auch gelbliche, graue, grünlich-weiße Farbe.

Die Verwitterung, vielfach bearbeitet und umstritten, ist schon durch Wasser eine verhältnismäßig starke; der Orthoklas verliert dabei seinen Glanz, wird matt und durch abgeschiedene Eisenverbindungen gebräunt. Der Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers auf Feldspat schreibt man neuerdings auch dessen Uebergang in Kaolin zu. In Berührung mit Salzlösungen erleidet der Orthoklas mannigfache Umsetzungen, die zu Glimmer, Epidot, den Zeolithen etc. überführen können. Den Verwitterungsagentien widersteht der Orthoklas unter den Feldspaten am meisten.

Als Sanidin bezeichnet man eine tafelartige, glasige, meist farblose Ausbildung des Orthoklases, die häufig in schön ausgebildeten Kristallen (Karlsbader Zwillingen) in trachytischen Gesteinen gefunden wird. Sanidin enthält häufig reichlich Natron.

Mikroklin (triklin) hat gleiche chemische Zusammensetzung wie Orthoklas, im allgemeinen auch gleiche Färbung und gleiches Verhalten bei der Verwitterung; grün gefärbt nennt man ihn Amazonenstein.

Albit, ein Natronfeldspat, kristallisiert triklin, Formel: $Na_2O$, $Al_2O_3$, 6 $SiO_2$ (= $NaAlSi_3O_8$) mit 68,8% Kieselsäure, 19,4% Tonerde und 11,8% Natron, bildet körnige, schalige und strahlige Aggregate, die farblos, weiß, aber auch lichtrot, gelb, grün oder braun gefärbt sein können.

Anorthit, ein Kalkfeldspat, ist triklin, hat rein die Zusammensetzung:

$CaO, Al_2O_3, 2 SiO_2$ ($= CaAl_2Si_2O_8$) mit 43,3 % Kieselsäure, 36,6 % Tonerde und 20,1 % Kalk. Er zeigt körnige, dichte Bruchflächen, ist farblos, weiß, aber auch rosenrot gefärbt.

Reiner Albit und Anorthit treten als gesteinsbildende Mineralien sehr selten auf, öfter finden sie sich jedoch als isomorphe Mischungen (sogenannte Plagioklase) von denen Oligoklas, Labradorit und Andesin Mittelglieder bilden; so z. B. in Basalten, Dioriten, Andesiten. Vom Albit bis zum Anorthit steigt der Kalkgehalt und ebenso das spez. Gewicht.

| | | spez. Gewicht |
|---|---|---|
| Albit | = (1 Albit) | 2,624 |
| Oligoklas | = (1—3 Albit und 1 Anorthit) | 2,65 |
| Andesin | = (3 Albit, 1 Anorthit bis 1 Albit, 1 Anorthit) | 2,68 |
| Labradorit | = (1 Albit, 1 Anorthit bis 1 Albit, 3 Anorthit) | 2,71 |
| Bytownit | = (1 Albit, 3 Anorthit bis 1 Anorthit) | 2,74 |
| Anorthit | = ( 1 Anorthit) | 2,76 |

Wo Plagioklase als wesentliche Gemengteile von Gesteinen vorkommen, erscheinen sie meist in der Zusammensetzung von Oligoklas, Andesin, Labradorit und Bytownit.

§ 18. Die Glimmergruppe. Neben den Feldspaten nehmen die Glimmer einen hervorragenden Platz unter den gesteinbildenden Mineralien ein. Man hat in neuerer Zeit die Glimmer, namentlich nach ihrem optischen Verhalten, in eine größere Zahl von Arten zerlegt; für die Bodenkunde genügt es, an der alten Trennung in Kaliglimmer und Magnesiaglimmer festzuhalten; ersterer meist hell, oft silberweiß, letzterer dunkel gefärbt. Alle Glimmer zeichnen sich durch leichte Spaltbarkeit und geringe Härte aus.

Kaliglimmer (Muscovit), ausgezeichnet spaltbar und dadurch in die dünnsten elastischen Blättchen zerlegbar. Die chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $KH_2Al_3Si_3O_{12}$ oder $K_2O . 2H_2O . 3Al_2O_3 . 6SiO_2$ mit 45,3 % $SiO_2$, 38,4 % $Al_2O_3$, 11,8 % $K_2O$, 4,5 % $H_2O$; mit einem meist kleinen Gehalte an Eisen, namentlich Eisenoxyd (0,5—5 %), sowie Fluor und Wasser (1—4 %). Der Kaliglimmer ist ein Bestandteil der Granite, Gneise, vieler Glimmerschiefer usw.

Verwitterung. Kaliglimmer wird durch die Verwitterung nur sehr schwer angegriffen. Er bildet durch mechanische Einwirkungen meist fein verteilte kleine Schuppen und Blättchen, die sich dem Boden beimischen und sich sehr lange unverändert erhalten (z. B. in den tertiären Glimmersanden).

Magnesiaglimmer, meist dunkel gefärbt, schwarz, grün oder grau, auch braun, in der Regel nicht so ausgezeichnet spaltbar wie der Kaliglimmer, von dem er sich durch seinen hohen Gehalt an Magnesia (10—30 %) und an Eisenoxydul unterscheidet, neben denen er jedoch stets reichlich Kali (5—10 %) enthält.

Verwitterung. Der Magnesiaglimmer verwittert viel leichter als der Kaliglimmer. Häufig sind die dunklen Lamellen von einem hellgefärbten Rande umgeben, der durch Wegführung des Eisens und der Alkalien entstanden ist. Oft setzt sich auch Eisenoxyd als Brauneisen oder Magneteisen zwischen den Glimmerblättchen ab und färbt diese rötlich. Der Boden, welcher sich aus Gesteinen bildet, die reich an Magnesiaglimmer sind, ist ein eisenreicher Tonboden und durch seine gün-

stigeren Eigenschaften und seine Fruchtbarkeit von dem aus Kaliglimmer entstandenen unterschieden. Vielfach werden die Basen in Karbonate umgewandelt; anderseits treten Umbildungen der Magnesiaglimmer in Talk und Serpentin auf.

§ 19. Hornblende und Augitgruppe. Diese Gruppe umfaßt eine Anzahl von Mineralien, die rhombisch und monoklin, einige andere triklin kristallisieren. Alle sind ähnlich zusammengesetzt und zeigen auch in bezug auf die vorkommenden Kristallformen bestimmte Beziehungen.

Für die Bodenkunde sind nur Hornblende und Augit von Bedeutung. Beide sind im reinsten Zustande ein Magnesiumbisilikat, in welchem das Magnesium zum Teil durch Calcium oder Eisen ersetzt ist. Die verbreitetsten Abarten enthalten jedoch noch reichliche Mengen von Tonerde. Je nach dem Vorkommen derselben ist der Verlauf der Verwitterung ein verschiedener.

Die Hornblende (Amphibol) zeichnet sich durch gute Spaltbarkeit, glänzende Spaltungsflächen und wechselnde Zusammensetzung aus. Der Kieselsäuregehalt schwankt von 39—49%; Tonerde von 8—15%; außerdem finden sich Alkalien (oft bis 3% $Na_2O$), sowie 10—12% Kalkerde.

Die Hornblende findet sich in vielen Gesteinen als wesentlicher Gemengteil, so im Syenit, Diorit, Hornblendeschiefer etc.

Die Verwitterung verläuft verschieden je nach dem Gehalt an Tonerde. Die selteneren tonerdefreien Formen werden in Talk, Serpentin und Chlorit umgewandelt. Die tonerdehaltigen verlieren zunächst Ca, Mg und Alkalien, nehmen dagegen Wasser auf und ergeben als Rückstand einen eisenreichen Ton, der vielfach noch ausgeschiedene Karbonate enthält. Außerdem hat man bei der Hornblende noch Umbildung in eine feinfaserige Masse, Asbest, sowie in Glimmer, Epidot, Calcit und Chlorit beobachtet.

Augit (Pyroxen) unterscheidet sich in Bruchstücken von der Hornblende durch die geringe Spaltbarkeit. Der Augit schließt sich in seiner Zusammensetzung der Hornblende an, ist aber fast völlig frei von Alkalien; der Gehalt Tonerde übersteigt selten 4—6%; Kalkerde ist reichlicher als bei den Hornblenden vorhanden (20—23%). Augit findet sich als wesentlicher Gemengteil zahlreicher Gesteine, z. B. in Diabas, Melaphyr, Dolerit, Basalt etc. Eine blättrige, tonerdefreie Abart ist der Diallag, welcher einen wesentlichen Gemengteil des Gabbro bildet.

Der geringe Tonerdegehalt des Augites bewirkt der Hornblende gegenüber einen etwas abweichenden Verlauf der Verwitterung. Zumeist geht aus der Zersetzung der Augite eine zerreibliche, grüne Masse, Grünerde, hervor, von wechselnder Zusammensetzung, aber immer reich an Kieselsäure, während Magnesia und Kalk abgenommen haben und in vielen Fällen als Karbonate dem Gestein beigemengt sind. Bei noch weiter fortschreitender Verwitterung wird ein eisenreicher Ton, ganz ähnlich wie bei der Hornblende, gebildet.

§ 20. Leucit und andere Silikate. Leucit, ein Bestandteil einzelner basaltischer Gesteine, ist ein Doppelsilikat von Tonerde und Kali: $K_2Al_2(SiO_3)_4$ = 21,5% $K_2O$, 23,3% $Al_2O_3$, 55,2% $SiO_2$. Bei der Verwitterung wird eine weiße, tonige Masse, wahrscheinlich Kaolin, gebildet.

Nephelin ist verbreiteter als Leucit und als Bestandteil basaltischer Gesteine und des Phonolith von größerer Bedeutung. Nephelin ist ein Doppelsilikat von Kali (wenig), Natron und Tonerde. Die chemische Zusammensetzung ist annähernd $NaAlSiO_4$, was 21,8% $Na_2O$, 35,9% $Al_2O_3$ und 42,3% $SiO_2$ ausmacht. Bei

der Verwitterung nimmt der Nephelin Wasser auf und bildet Zeolithe (Natrolith, Analcim).

Epidot (Pistazit), ein wasserhaltiges, kalkreiches Tonerde-Eisenoxyd-Silikat von grünlicher Färbung entsteht sehr häufig als sekundäres Produkt bei der Einwirkung kalk- und eisenreicher Gewässer auf Feldspate und andere tonerdehaltige Silikate. Der Gehalt an $SiO_2$ beträgt 36—40 %, an $Al_2O_3$ = 18—29 %, $Fe_2O_3$ = 7 bis 17 %, CaO = 21—25 %. Epidot ist oft die Ursache der gelblich grünen Färbung von Gesteinen, namentlich von Felsitgesteinen, deren Grundmasse überwiegend in Epidot umgewandelt werden kann.

Granat umfaßt eine Gruppe von Mineralien, die in der äußeren Kristallform übereinstimmen und als Gemische isomorpher Verbindungen zu betrachten sind. Am häufigsten ist der Kalktongranat $3CaO. Al_2O_3. 3SiO_2$. Granat kommt häufig in kristall. Schiefern, Graniten, Quarzporphyren, Phonoliten und kontaktmetamorphen Gesteinen vor. Die Verwitterung und Umbildung der Granate ist der Zusammensetzung entsprechend sehr mannigfach und auch vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, jedoch von geringem bodenkundlichem Interesse. Durchsichtige, schön gefärbte Granatvarietäten (Pyrop, Almandin, Hessonit) werden als Edelsteine benutzt.

Turmalin (Schörl), ein Borosilikat von sehr mannigfacher Zusammensetzung; neben Kieselsäure, Phosphorsäure, Borsäure, Tonerde, Eisenoxydul, Magnesia, Kalk, Natron, Kali und Wasser, die stets vorhanden sind, finden sich noch manchmal Manganoxydul, Eisenoxyd, Lithion, Titansäure, Phosphorsäure und Fluor. Nach Naumann-Zirkel (loc. zit. 635) würde für alle Turmaline die Formel $H_9 Al_3 [B.OH]_2 Si_4O_{19}$ charakteristisch sein. Für die Bodenkunde hat nur die schwarze Varietät des Turmalins, der Schörl, eine, wenn auch geringe Bedeutung. Er findet sich namentlich in grobkörnigen Graniten eingesprengt. Bei der Verwitterung wird er zumeist in Kaliglimmer umgewandelt, seltener in Chlorit oder Talk.

Chlorit umfaßt eine Anzahl grün gefärbter, weit verbreiteter Mineralien, die in Härte und Spaltbarkeit zwischen Talk und Glimmer stehen und wasserhaltige, basische Silikate von Magnesia, Eisen und Tonerde sind (25—32 % $SiO_2$; 19—23 % $Al_2O_3$; 15—29 % FeO; 13—25 % MgO; 9—12 % $H_2O$). Die Chlorite sind immer als sekundäre Mineralien zu betrachten und als die mit am häufigsten auftretenden Umbildungsprodukte der verwitternden Gesteine. Als Chloritschiefer bilden sie selbständig beträchtliche Gebirgsmassen. Als Produkt der Verwitterung unterliegt der Chlorit nur schwierig weiteren Umbildungen; erfolgen diese, so wird meistens Kieselsäure als Quarz oder Chalcedon abgeschieden, das Eisen in Eisenoxydulhydrat umgewandelt und die Magnesia in Karbonat übergeführt.

Zeolithe umfassen eine zahlreiche Reihe von Mineralien, die alle wasserhaltig sind und beim Erhitzen das Wasser ganz oder teilweise unter Aufschäumen verlieren. Es sind Doppelsilikate von Kali, Natron, Kalk und Tonerde. (Die wenigen tonerdefreien, sowie die Baryum enthaltenden Arten sind hier ohne Bedeutung.)

Ueber die Frage, wie in den Zeolithen das Wasser gebunden ist, sind die Ansichten geteilt. Gewöhnlich wird dasselbe als Konstitutions- und als Kristallwasser unterschieden; die Grenze zwischen beiden ist ziemlich willkürlich.

Die Zeolithe bilden sich zahlreich bei der Verwitterung natron- und kalkhaltiger Silikatgesteine (Basalt, Melaphyr, Phonolith); sie finden sich namentlich in den Klüften und Hohlräumen vulkanischer Gesteine, aber auch auf Erzgängen u. dergl.

Viele Zeolithe verlieren leicht Wasser und zerfallen dann in ein feines Pulver;

durch fortschreitende Verwitterung gehen aus denselben kaolinartige Erden hervor. Die Zeolithe wandeln sich bei Einwirkung gelöster Salze leicht um (indem sie andere Zeolithmineralien bilden) und sind so eines der beweglichsten und wichtigsten Elemente des Ackerbodens, da sich viele Absorptionserscheinungen mit Wahrscheinlichkeit auf die Gegenwart zeolithischer Substanzen im Boden zurückführen lassen.

Von der großen Anzahl der bekannten Zeolithe können hier nur die wichtigsten aufgeführt werden:

Natrolith (Mesotyp) $Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2H_2O$; der verbreitetste Zeolith; gleichzeitig einer der am wenigsten Zersetzungen unterliegt. In basaltischen und phonolithischen Gesteinen.

Apophyllit $H_7KCa_4(SiO_3)_8 + 4\frac{1}{2}H_2O$ mit 5,2 % $K_2O$.

Harmotom (Kreuzstein) $H_2(BaK_2)Al_2Si_5O_{15} + 4H_2O$ auf Drusenräumen im Basalt.

Phillipsit $H_2(CaK_2)Al_2Si_5O_{15} + 4H_2O$ mit 2,1 % Kali.

Analcim $Na_2Al_2Si_4O_{12} + 2H_2O$ in plutonischen Gesteinen.

Skolecit $CaAl_2Si_3O_{10} + 3H_2O$.

Die Zeolithe finden sich häufig nebeneinander in denselben Gesteinen, deren Zersetzungsprodukte sie sind.

§ 21. Kaolinit und Tonmineralien. Die Verwitterung der meisten tonerdehaltigen Mineralien ergibt wasserhaltige kieselsaure Tonerde, als deren reinste Form man den Kaolin (Porzellanerde) betrachten kann.

Kaolinit ist versteckt kristallinisch, nicht amorph, wie man bei der hohen Plastizität vermuten sollte. Bei sehr starker Vergrößerung erkennt man, daß der Kaolin aus sehr feinen, meist sechsseitigen Lamellen besteht. Chemisch ist der Kaolin (Kaolinit) als $Al_2Si_2O_7 + 2H_2O$ aufzufassen (46,50 % $SiO_2$; 39,56 % $Al_2O_3$; 13,94 % $H_2O$). Ein Teil des Wassers wird aber erst bei 330° flüchtig! Der Kaolin ist vor dem Lötrohre unschmelzbar; Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure zersetzen ihn nur wenig. Von Kalilauge wird er aufgenommen.

Viele Versuche haben zu der Meinung geführt, daß der Kaolin etwas quellbar sei, also Wasser in sich aufzunehmen vermag, obgleich seine Unlöslichkeit und die kristallinische Beschaffenheit dagegen sprechen.

Der Kaolin ist selten völlig rein, sondern noch mit Resten der ursprünglichen Mineralien, mit Quarzkörnern usw. untermischt.

Viel mannigfaltiger sind die „Tonarten“ zusammengesetzt; die Kenntnis der in denselben vorhandenen chemischen Verbindungen ist jedoch noch eine sehr lückenhafte. Die feine Verteilung der Tone und die Schwierigkeit, die einzelnen Verbindungen zu trennen, bedingt dies; die Gesamtanalyse der verschiedenen Tone ergibt, da sie Mischungen sind, die allerverschiedensten Resultate. Die Tone sind meist Kaolin, welches durch kohlensauren Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganhydroxyd, feinen Quarzsand und den Detritus anderer Mineralien mehr oder weniger verunreinigt ist. An die unreinen Tone schließt sich der Lehm an. Für die Bodenkunde kommen neben den Tonen, welche dem Kaolin nahe stehen, namentlich noch die eisenreichen Tonarten in Betracht.

§ 22. B. **Karbonate.** Neben den Silikaten sind die wichtigsten und die nächst jenen in größter Ausdehnung vorkommenden Mineralarten die kohlensauren Salze des Calciums, Magnesiums und des Eisens.

Kohlensaurer Kalk findet sich in drei Formen: als Kalkspat, Aragonit und Kreide. Alle brausen mit Säuren übergossen lebhaft auf.

Kalkspat, hexagonal-rhomboëdrisch kristallisiertes Calciumkarbonat ($CaCO_3$) (56 % CaO; 44 % $CO_2$); findet sich in zahlreichen Kristallformen weit verbreitet (Gängen, als Kalkstein und Marmor usw.). Häufig findet sich etwas Magnesia, Mangan und Eisen beigemischt.

Aragonit, rhombisches Calciumkarbonat, weniger verbreitet als der Kalkspat.

Kreide, feinerdig, bildet ganze Gesteinsmassen, schließt Fragmente von Foraminiferen, Muschelschalen, Bryozoen etc. ein und enthält daher gewisse Anteile von Calciumphosphat. Reichlichere Beimengungen von tonigen Teilen liefern die Kreidemergel.

Der kohlensaure Kalk wird bei der Verwitterung calciumhaltiger Gesteine häufig gebildet, findet sich daher auch vielfach in Gesteinen wie in verwittertem Basalt, Diabas etc. Der kohlensaure Kalk wird durch kohlensäurehaltige Gewässer als saurer kohlensaurer Kalk gelöst, ohne einen Rückstand zu hinterlassen; er ist daher einer Verwitterung im einfachen Sinne nicht zugängig. Größere Kalkgesteine zerfallen jedoch in Stücke, da erfahrungsmäßig einzelne Teile leichter angreifbar sind, und bilden zuletzt einen feinkörnigen Sand, den Kalksand. Als Rückstand von der Verwitterung der Kalksteine können daher nur die Beimengungen derselben zurückbleiben, die meist aus tonigen Stoffen bestehen, untermischt mit noch nicht gelösten Kalksteinresten. Dagegen ist der kohlensaure Kalk, zumal die verbreitetste Form, der Kalkspat, die Ursache vielfacher Umwandlungen und Abscheidungen gelöster Mineralstoffe. Namentlich Metalle vermag er zu fällen, indem die meist leichter löslichen Kalksalze weggeführt werden, während die Metallsalze oder deren Oxyde sich abscheiden. Es sind so Pseudomorphosen von Eisenoxyd (Roteisen und Brauneisen) und Mangansuperoxyd nach Kalkspat vielfach bekannt.

Dolomit. Kohlensaure Kalk-Magnesia $CaCO_3 + MgCO_3$ (30,4 % CaO, 21,9 % MgO; 47,7 % $CO_2$), hexagonal-rhomboëdrisch tetartoëdrisch, in Kristallen meist das Grundrhomboeder mit mehr oder weniger stark sattelförmig gekrümmten Flächen. Es liegt nicht, wie man früher annahm, eine isomorphe Mischung von $CaCO_3$ und $MgCO_3$ vor.

Dolomit unterscheidet sich chemisch von Kalkspat durch geringere Angreifbarkeit; mit Säuren braust er nur gepulvert oder beim Erwärmen auf. Er unterliegt wie der Kalkspat nur einer Lösung, keiner eigentlichen Verwitterung.

Vielfach finden sich dolomitische Kalksteine, vorwiegend kohlensaurer Kalk mit beigemischter kohlensaurer Magnesia. Bei Einwirkung kohlensäurehaltiger Wasser wird zunächst die im Ueberschuß vorhandene Verbindung weggeführt und Dolomit bleibt zurück, der dann ebenfalls angegriffen und oft in ein feinsandiges Pulver von kleinen Rhomboëdern, die sogenannte „Dolomitasche“ übergeführt wird.

Eisenspat (Spateisenstein, Siderit), kohlensaures Eisenoxydul (62,07 % FeO; 37,93 % $CO_2$), ist ebenfalls ein häufiges Produkt der Verwitterung von eisenhaltigen Gesteinen. Wie die vorbesprochenen Mineralien ist es in kohlensäurehaltigem Wasser löslich, oxydiert sich jedoch sehr leicht unter Abgabe der gebundenen Kohlensäure zu Eisenoxyd oder unter Wasseraufnahme zu Eisenoxydhydrat. Pseudomorphosen von Rot- und Brauneisen nach Eisenspat sind daher häufig.

§ 23. C. **Sulfate**. Von schwefelsauren Verbindungen tritt nur der schwefelsaure Kalk als Anhydrit und im wasserhaltigen Zustande als Gips gesteinbildend auf.

Anhydrit $CaSO_4$ (41,2% CaO; 58,8% $SO_3$), in kristallinischen, graulich oder bläulich gefärbten Massen, seltener in rhombischen Kristallen, geht unter Wasseraufnahme über in

Gips $CaSO_4 + 2H_2O$ (32,5% CaO; 46,5% $SO_3$; 21% $H_2O$). Der Gips ist das verbreitetste schwefelsaure Salz und in kleinen Mengen in den meisten Bodenarten enthalten. Er löst sich bei 210 C in etwa 420 Tln. Wasser, verwittert daher im strengen Sinne nicht, sondern wird in Lösung weggeführt und kristallisiert beim Verdunsten des Wassers vielfach wieder aus, so namentlich in Höhlungen; auch in Tonlagern finden sich sekundär gebildete Gipskristalle häufig vor; auch das Meerwasser hinterläßt in seinen Verdunstungsrückständen etwas Gips.

Schwerspat (Baryt) (65,7% BaO; 34,3% $SO_3$) findet sich namentlich in Gängen, oft in schönen rhombischen Kristallen. Schwerspat ist eines der unlöslichsten Mineralien und ohne wesentliche bodenkundliche Bedeutung.

§ 24. D. **Phosphate**. Von den phosphorsauren Salzen ist nur der phosphorsaure Kalk im kristallisierten Zustande als Apatit, kristallinisch als Phosphorit bezeichnet, verbreitet und bodenkundlich von großer Wichtigkeit.

Apatit $Ca_5Cl(PO_4)_3$ kristallisiert hexagonal und besteht überwiegend aus phosphorsaurem Kalk (41—42% $P_2O_5$). Der Apatit findet sich in fast allen Gesteinen in Form kleiner Säulen und Nadeln. Er gehört in Quarzen, Hornblende, Augit, Feldspaten zu den am häufigsten vorkommenden Einschlüssen, ist aber prozentisch zumeist nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Der Apatit ist der Träger der Phosphorsäure im Boden.

In kohlensäurehaltigem Wasser ist Apatit schwach löslich; größere Kristalle werden durch die Verwitterung undurchsichtig, sie scheinen dabei oftmals zum Teil in Karbonat umgewandelt zu werden, obgleich Analysen zersetzter Apatite kaum vorliegen.

Der Phosphorit ist die derbe, feinfaserige, dichte und erdige Varietät des Apatit; er kommt oft in nierigen Kugeln und schaligen Krusten, vielfach durch $CaCO_3$, $SiO_2$ und $Al_2O_3$ verunreinigt, vor. Knollenförmig findet sich der Phosphorit in großer Verbreitung an mehreren Orten, so in Algier und Tunis, Florida, Galizien, Braunschweig usw. Diese Knollen sind wahrscheinlich meist organischen Ursprungs.

Sombrerit ist ein durch Sickerwässer aus überlagerndem Guano ausgewaschener, phosphatisierter Kalkstein der Insel Sombrero in Westindien; er dient als Düngemittel.

§ 25. E. **Chloride und Fluoride**. Von diesen kommen wesentlich nur die leicht löslichen Salze der Alkalien Steinsalz und Sylvin und außerdem der Flußspat in Frage.

Steinsalz, Chlornatrium, NaCl (39,4% Na; 60,6% Cl), in mächtigen Lagern und in Lösung in vielen Quellen, Salzquellen, Soolen, sowie im Meerwasser vorkommend. Das Steinsalz ist leicht löslich (1:2,8 $H_2O$) und wird dadurch leicht aus den Gesteinen und Bodenarten ausgelaugt. Tritt es im Boden in mäßiger Menge auf, so findet sich auf diesem wie auch am Seestrande meist eine eigenartige Flora.

Sylvin, Chlorkalium (52,5% K; 47,5% Cl), in beträchtlichen Ablagerungen in Norddeutschland, im Oberelsaß und in Kalusz in Galizien. Wichtiges Kalisalz für Düngerzwecke.

Kainit ($MgCl_2$, $MgSO_4$, $K_2SO_4 + 6H_2O$), mit 15,7% Kalium und

Carnallit ($MgCl_2$, $KCl + 6H_2O$) mit 26,8% Chlorkalium sind weiterhin wichtige Düngesalze.

Flußspat, Fluorcalcium, $CaF_2$ (51,3% Ca; 48,7% F), verbreitet auf Gängen und

Klüften, meist körnig ausgebildet. Der Flußspat findet sich häufig in Ganggesteinen hervorgerufen durch granitische Emanation. Flußspat ist nicht völlig unlöslich in Wasser, durch den Angriff desselben zeigen die Kristalle nicht selten rauhe Flächen.

§ 26. F. **Oxyde und Oxydhydrate.**

Roteisen, Eisenoxyd, $Fe_2O_3$ (70 % Fe; 30 % O) als Roteisenstein in mächtigen Lagern und Gängen und auch in kleinen Mengen in fast allen Bodenarten verbreitet, deren rote Farbe das Eisenoxyd bedingt.

Das Eisenoxyd geht durch Aufnahme von Wasser in Hydrat über; Pseudomorphosen von Brauneisen nach Roteisen sind nicht gerade selten. Auch im Boden kann man diese Umwandlung gelegentlich beobachten. Bei der Verwitterung und genügender Gegenwart von Sauerstoff wird Eisenoxyd vielfach in Form kleiner Körner oder Blättchen abgeschieden und bewirkt oft die rötliche Färbung schwach verwitterter Gesteine.

Unter dem Einfluß organischer Substanzen wird Eisenoxyd oder dessen Hydrat zu Oxydul reduziert und als kohlensaures Eisenoxydul gelöst. Das Eisen gehört so zu den beweglichsten Bestandteilen des Bodens und kann bei Luftabschluß leicht umgelagert werden.

Eisenoxydhydrate. Durch Wasseraufnahme bildet sich aus Eisenoxyd oder sehr häufig auch direkt bei der Verwitterung der Mineralien Eisenoxydhydrat. Oft kann man beide Verbindungen in Dünnschliffen neben einander beobachten. Die entstehenden Hydrate des Eisenoxyds haben wechselnden Wassergehalt. Dem in Gängen und Lagern, wie auch im Boden, dessen braune Färbung dadurch veranlaßt wird, weit verbreiteten Brauneisenstein [Limonit] gibt man die Formel $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$; ein anderes seltener vorkommendes Mineral ist der Göthit oder Nadeleisenerz $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, entsprechend 89,9 % $Fe_2O_3$ und 10,1 % $H_2O$.

Brauneisenerz bildet sich in den Mooren. Den Gesteinen wird das Eisen entzogen, wodurch die dunkle Farbe des Moorwassers mit bedingt ist. Dieses Brauneisenerz nennt man Sumpf- oder auch Raseneisenerz; es enthält meist Phosphorsäure (vgl. S. 215).

Für die Umwandlung gilt das für das Eisenoxyd gesagte. Unter Umständen vermögen jedoch die Hydrate ihr Wasser abzugeben und in Eisenoxyd überzugehen.

Magneteisen (Eisenoxyduloxyd), $Fe_3O_4$ (72,4 % Fe; 27,6 % O), ist in Form kleinster Kristalle in sehr vielen Gesteinen verbreitet und oft das Produkt der Zersetzung eisenreicher Mineralien. Bei der Verwitterung nimmt das Magneteisen Sauerstoff auf und geht in Eisenoxyd über; seltener ist eine Umwandlung zu Brauneisen.

Dem Magneteisen steht in der Art des Vorkommens in den Gesteinen das Titaneisen außerordentlich nahe, unterscheidet sich jedoch von jenem durch seine Unlöslichkeit in Säuren, sowie daß Titansäure in Form einer gelblichweißen Masse (Leukoxen) bei der Verwitterung übrig bleibt.

Braunstein, Pyrolusit (Mangansuperoxyd $MnO_2$) stellt das verbreitetste Mineral des Mangans dar. Es findet sich in Gängen und in kleinen Mengen vielfach in Gesteinsklüften, deren Flächen es in baumförmigen Zeichnungen überzieht (sog. Dendriten).

§ 27. G. **Sulfide.**

Schwefeleisen, $FeS_2$, mit 46,6 % Eisen und 53,4 % Schwefel findet sich in der Natur in zwei Ausbildungsformen, einmal regulär kristallisiert als Schwefelkies (Pyrit, Eisenkies), sodann rhombisch als Markasit (Strahlkies). Der Schwefelkies ist verbreiteter als der letztere, obgleich auch dieser nicht selten vorkommt und namentlich in den Ablagerungen der Tertiär- und Kreideformation sich findet.

Schwefelkies ist ferner in Form kleinerer oder größerer Kristalle in vielen Gesteinen vorhanden; er findet sich auch, wenngleich im ganzen selten, in Schichten von Moor- und Torflagern. Die Verwitterung erfolgt durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser: $FeS_2 + 7\,O + H_2O = FeSO_4 + H_2SO_4$
d. h. es geht aus der Verwitterung Eisenvitriol und freie Schwefelsäure hervor. Je nach den im Boden vorhandenen Mineralbestandteilen ist die fernere Umsetzung verschieden.

Der Eisenvitriol oxydiert sich bei Gegenwart von Sauerstoff zu schwefelsaurem Eisenoxyd ($3FeSO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + Fe_2O_3$) unter Bildung basischer Salze von wechselnder Zusammensetzung. Ist kohlensaurer Kalk vorhanden, so bildet sich Gips und das entstehende kohlensaure Eisenoxydul geht unter Kohlensäureverlust und Sauerstoffaufnahme in Eisenoxyd, bzw. Eisenoxydhydrat über; es sind so Pseudomorphosen von Brauneisen nach Schwefelkies häufig. Auch die im Diluvium verbreiteten Eisennieren gehen aus der Oxydation von Markasit hervor. Das entstehende Brauneisen verkittet den umliegenden Sand.

Als „Eisernen Hut" bezeichnet man das Oxydationsprodukt des Schwefeleisens; es besteht aus Limonit und Göthit (s. o.).

Die freie Schwefelsäure bewirkt ferner verschiedene Umbildungen. Sind nicht genügend Basen vorhanden, um die Säure zu binden, wie dies namentlich in Moorböden vorkommt, in dem sich zuweilen Schwefelkies verteilt vorfindet, so wirkt die freie Säure als Pflanzengift. Solche schwefelkieshaltige Moorschichten sind durch Wasserbedeckung von der Einwirkung der Luft abgeschlossen; werden dieselben bei Meliorationen oder sonstigem Bodenbearbeiten an die Oberfläche gebracht, so kann zuweilen der Boden auf Jahre hinaus verdorben und für Pflanzenkultur ungeeignet werden.

Auch bei Gegenwart genügender Mineralstoffe ist die Einwirkung nicht immer ohne Bedeutung. Am günstigsten gestalten sich die Verhältnisse, wenn genug Kalk vorhanden ist, um die freie Säure zu binden. Zufuhr von Kalk und Mergel ist auch wohl das einzige anwendbare Gegenmittel.

§ 28. H. **Nitrate** treten, da sie wasserlöslich sind, eigentlich nicht bodenbildend auf, sie kommen nur als Imprägnationen oder Ausblühungen vor. Die Ausgangsprodukte sind meist organischer Art, durch ihre Umwandlung entstehen die sog. Salpeter: a) Kalisalpeter ($KNO_3$) mit 46,6% Kali und 53,4% Salpetersäure, findet sich mit anderen Salzen zusammen in manchen Kalksteinhöhlen, als Ausblühung häufig dort, wo sich organische Substanzen umsetzen.

b) Natronsalpeter (Chilisalpeter) $NaNO_3$) mit 36,5% Natron und 63,5% Salpetersäure, findet sich in der regenlosen Zone von Peru und Chile mit anderen Salzen zusammen abgelagert. Durch Auslaugen und Umkristallisieren gewinnt man den Rohsalpeter, der als Düngemittel (s. S. 291) viel Anwendung findet.

## III. Kapitel

## Die bodenbildenden Gesteine und ihr Verhalten.

Literatur: Sprengel, Bodenkunde. Leipzig 1837. — Fallou, Pedologie. Dresden 1862. Senft, Gesteins- und Bodenkunde. Berlin 1877. Derselbe, Fels und Erdboden. München 1876. Grebe, Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre. 4. Aufl. 1886. Berlin. Abhandlg. d. geolog. Landesanstalten von Preußen, Württemberg, Hessen etc., ferner eine erhebliche Anzahl vereinzelter Angaben. Die für forstliche Zwecke brauchbarste Zusammenstellung bietet Grebe, dem auch hier im wesentlichsten gefolgt ist.

§ 29. Allgemeines. Die aus der Gesteinsverwitterung hervorgehenden Bodenarten sind je nach der Zusammensetzung, Korngröße usw. verschiedenartig.



Es ist jedoch möglich, für die Hauptgesteinsarten und deren Verwitterungsböden Kennzeichen und ein allgemeines Verhalten anzugeben, welches der überwiegenden Anzahl gemeinsam ist. Einzelne Ausnahmen kommen vielfach vor, sind jedoch eben Ausnahmen von der Regel und vermögen diese selbst nicht zu beeinflussen.

Eine Trennung in „Verwitterungsböden" und „Schwemmlandsböden" ist nicht festgehalten, da die letzteren nur die erste Phase der Verwitterung, das Zerfallen in kleine Bruchstücke, nicht durchzumachen haben, sonst aber keine abweichende Zersetzung erleiden.

Einteilung der Gesteine. Unter Gestein ist hier jedes Aggregat von Mineralkörpern verstanden, welches in so großer Menge vorkommt, daß es einen nennenswerten Anteil an der Zusammensetzung der festen Erdoberfläche nimmt. Dementsprechend werden auch die losen Anhäufungen wie Sande, Gerölle, unter diesem Begriff mitverstanden, ebenso die Kohlen und humosen Stoffe, vorausgesetzt, daß sie gebirgs- oder bodenbildend auftreten.

Die Gesteine sind in Abteilungen zusammengefaßt, welche sich auf Zusammensetzung und Ausbildungsweise gründen. Es sind dies die folgenden:

A. massige Gesteine;
B. Urschiefer oder metamorphische Gesteine;
C. Tonschiefer und Tone;
D. Kalk- und Dolomitgesteine (Mergel usw.);
E. Konglomerate, Sandsteine und Sande;
F. Humusstoffe.

A. **Die massigen Gesteine** sind überwiegend eruptive Bildungen und zeichnen sich durch einen massigen Aufbau und Fehlen jeder Schichtung aus. Absonderung in Säulen und Platten sind nicht selten. Die massigen Gesteine teilt man für bodenkundliche Zwecke am günstigsten nach dem Kieselsäuregehalt ein, da dieser für die Umbildung, oft auch für die Zersetzbarkeit bezeichnend ist. Man unterscheidet so:

saure Gesteine, mit mehr als 65% $SiO_2$: Granit, Quarzporphyr:

Gesteine mit mittlerem Gehalt an Kieselsäure (zwischen 55 und 65%): Syenit, Trachyt, Phonolith, Diorit;

basische Gesteine unter 55% $SiO_2$: Diabas, Melaphyr, Basalt.

§ 30. Saure Gesteine:

Granit: Ein kristallinisch-körniges Gemenge von Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Glimmer. In der Regel herrschen die Feldspate, namentlich der Orthoklas, vor, wodurch die rötliche oder graue Farbe des Gesteins bedingt wird. Der Granit findet sich meist in mächtigen Stöcken und Lagern, seltener als Granophyr in Gängen.

Die Verwitterung ist je nach der Korngröße verschieden; je grobkörniger um so leichter tritt die Zersetzung ein. Die Verwitterung folgt zumeist größeren Spalten und läßt Granitblöcke in wollsackähnlichen Gestalten auf der Oberfläche zurück. Der Granit zerfällt in kleine Steinbrocken und bildet so einen für den Granit charakteristischen Grus, dessen Feldspatbestandteile allmählich in einen tonigen, alkalireichen, jedoch meist kalkarmen Boden übergehen. Der Boden selbst ist kräftig, ziemlich tiefgründig und sagt in höheren Lagen der Fichte und Tanne, in den tieferen der Buche und andern Laubholzarten zu. Wie auf allen kalkarmen Böden

zersetzen sich die Humussubstanzen auf Granitböden nur langsam, und neigt er daher in höheren Lagen zur Versumpfung und Torfbildung, ist auch in tieferen Lagen der Ansamung nicht günstig. Feinkörnige Granite verwittern meist sehr schwer und bilden einen flachgründigen, kiesigen Boden, grobkörnige werden leicht ausgeschlämmt.

Felsitporphyr. In einer dichten, felsitischen Grundmasse sind Kristalle von Quarz und Feldspat ausgeschieden. Der Felsitporphyr kann sehr verschiedene Farben haben; meist rötlich oder braun, seltener grünlich. Je nach der Zusammensetzung der Grundmasse, die in den meisten Fällen kristallinisch ist, verwittert der Felsitporphyr langsamer oder schneller.

Die dichten festen Porphyre (Hornsteinporphyre) verwittern sehr schwer, zerfallen in scharfkantige, schiefwürfelige Trümmer und bilden endlich einen erdarmen, sehr steinreichen, tonigen Boden, der zu den ungünstigsten Waldböden gehört, die vorkommen. In der Ebene lagern sich die Bruchstücke meist dicht zusammen und verhindern das Eindringen der Wurzeln, während sie an den Abhängen lose aufeinander lagern und so den Boden trocken und hitzig machen.

Die leichter verwitterbaren Porphyrformen (sogenannte Feldstein- und Tonsteinporphyre) sind weniger ungünstig, manche sogar für Tanne, Fichte und Buche sehr geeignet; obgleich die Mehrzahl dem Forstmann große Schwierigkeiten bereitet und namentlich gegen eine Bloßlegung des Bodens sehr empfindlich ist.

An den Felsitporphyr schließt sich eng der Quarztrachyt oder Andesit an, der jedoch nur in kleinen Partien in Deutschland vorkommt.

§ 31. Gesteine mit mittlerem Kieselsäuregehalt. Syenit. Körnig-kristallinisches Gemenge von Orthoklas und dunklem Glimmer, bzw. mit Hornblende, Augit oder mit mehreren dieser dunklen Gemengteile. Der Syenit schließt sich in seinen Formen eng an die des Granites an, ist jedoch viel weniger verbreitet.

Bei der Verwitterung, die in der Regel vom Feldspat ausgeht, zerfällt der Syenit meist ziemlich rasch in einen feinen Gruß, der allmählich in einen eisenreichen Lehmboden von mäßiger Mächtigkeit übergeht. Der Syenitboden ist infolge des Hornblendegehaltes und des Fehlens von Quarz viel reicher an Pflanzennährstoffen als der Verwitterungsboden des Granites; er trägt entsprechend auch einen besseren und namentlich an Laubhölzern reicheren Waldbestand als dieser.

Trachyt ist ein hellgraues, porphyrisch ausgebildetes, wesentlich aus Sanidin (glasigem Orthoklas) und Oligoklas bestehendes Gestein, in dem sich noch häufig Hornblende, Augit oder Glimmer findet. Sanidin bildet meist große Einsprenglinge.

Die Verwitterung greift in der Regel den Oligoklas zuerst an und wird durch reichliche porphyrische Ausscheidungen begünstigt. Der Verwitterungsboden ist hell, weißlich oder gelbbraun gefärbt und erzeugt in der Regel nur einen flachgründigen, ziemlich trockenen und unfruchtbaren Boden; seltener sind Trachytformen, die leicht verwittern und dann einen fruchtbaren, tiefgründigen Boden bilden.

An Trachytvorkommnisse schließen sich oft Tuffe an, so im Brohltal der Eifel der sog. Traß.

Phonolith (Klingstein) ist ein dichtes, grau bis dunkelgrünliches, seltener bräunliches Gestein, welches sich aus Sanidin, Nephelin und Einsprenglingen von Augit, Hornblende, Magneteisen zusammensetzt. Der Phonolith zeigt große Neigung zur plattenförmigen Absonderung; oft entstehen durch Verwitterung Zeolithe.

Die Verwitterung läßt den Phonolith in ein Haufwerk von Bruchstücken zer-



fallen, die meist scharfkantig und der plattenförmigen Absonderung entsprechend, etwas schieferig erscheinen. Die Bruchstücke überziehen sich zuerst mit einer weißlichen, äußerlich dem Kaolin ähnlichen Verwitterungskruste, die wie der daraus hervorgehende Boden mit Wasser schlammig, und nach dem Austrocknen krümelig wird. Der Phonolithboden ist in feuchten Lagen ein vorzüglicher Waldboden, neigt jedoch zur Versumpfung.

Diorit ist ein körniges, kristallinisches Gemenge von Plagioklas (meist Oligoklas, seltener Labrador), Biotit und Hornblende. Diorit findet sich sowohl in rein körniger, als auch in porphyrischer oder dichter Ausbildung, zumeist als Gänge oder Stöcke, seltener als Lager.

Er verwittert nur langsam, in seinen dichten Abarten wohl am schwierigsten von allen kristallinischen Gesteinen und bildet einen an Steinen überreichen, erdarmen Boden.

§ 32. Basische Gesteine:

Gabbro, ein massiges Gestein, das als wesentliche Gemengteile Plagioklas (Labrador) und Diallag enthält; Hornblende und dunkler Glimmer können hinzutreten.

Der Gabbro findet sich an einzelnen Stellen bodenbildend; durch Verwitterung entsteht ein sehr fruchtbarer, reicher Boden.

Diabas (Grünstein), ein grob- bis feinkörniges, grünes oder grüngraues sehr festes und zähes Gestein, welches von Augit und Plagioklas (namentlich Labrador) gebildet wird. Der Diabas tritt in Gängen und Lagern auf.

Durch Dynamometamorphose werden Diabase schiefrig, und es entstehen Diabasschiefer, Grünschiefer und chloritische Schiefer.

Die Verwitterung ergreift meist zunächst den Augit, der oft vollständig in Chlorit umgewandelt wird. Kohlensaurer Kalk findet sich fast immer im verwitterten Diabase, in dessen Hohlräumen sich häufig Kristalle von Kalkspat abscheiden (sog. Kalkdiabas). Diabas zerfällt viel leichter als Diorit, wenn auch die dichten Abarten oft lange widerstehen und sich Verwitterungsschichten in rötlich-gelben Lagen ablösen.

Der Verwitterungsboden ist dunkel gefärbt, eisenreich und namentlich infolge des hohen Phosphorsäure- wie des Kalkgehaltes außerordentlich fruchtbar und für Laubholzarten vorzüglich geeignet. Nadelhölzern sowie auch der Eiche sagt er dagegen weniger zu. Der Diabasboden ist sehr empfänglich für Besamung, jedoch einem starken Gras- und Himbeerwuchse ausgesetzt. „Diabasboden sagt den Buchen und den Kraft fordernden Holzarten, z. B. den Ahornen, vorzüglich zu und das abgesonderte Vorkommen der ersteren auf einzelnen Höhepunkten bewaldeter Gebirge ist oft ein fernes Kennzeichen des Vorhandenseins dieser Felsart." (Grebe, loc. cit. p. 88.)

Melaphyr ist ein dichtes, körniges, oft auch porphyrisch ausgebildetes Gemenge von Plagioklas, Augit, Olivin und Magneteisen, häufig ist er voller Blasen, die mit Kalkspat ausgekleidet sind. (Melaphyrmandelstein.) Die Melaphyre treten in Kuppen und Gängen, namentlich aber in mächtigen Lagern auf.

Bei der Verwitterung wird die Oberfläche erdig, anfangs grünlich, später ockerbraun, wie dies an Klüften und Spalten des Gesteins zu beobachten ist und allmählich geht, trotz der schweren Zersetzbarkeit, ein meist dunkelgrau-gelber, eisenreicher Tonboden hervor, der sich dem Verwitterungsboden des Basaltes sehr ähnlich verhält.



B a s a l t, ein scheinbar dichtes, bläulich- oder grauschwarzes Gestein, welches aus einem Gemenge von Plagioklas (namentlich Oligoklas) oder Nephelin, Leuzit und Augit, Magneteisen und sehr häufig Olivin besteht. Körnige Ausbildungen der Basaltgesteine werden als D o l e r i t bezeichnet; Tuffe sind ebenfalls sehr verbreitet.

Die Verwitterung der Basalte ist verschieden; einzelne Abarten zerfallen in größere oder kleinere Blöcke, deren Oberfläche hell oder rostbraun gefärbt ist; die Bruchstücke zersetzen sich nur langsam, runden sich allmählich und sind an steilen Gehängen dann wenig fruchtbar. Andere Basalte verwittern leichter und dringt die Verwitterung namentlich in die Tiefe vor, so daß die ganze Masse in B a s a l t w a c k e umgewandelt erscheint. Der Verwitterungsboden des Basaltes ist dunkel, braun oder grau gefärbt, meist reichlich mit Steinen durchmischt, dabei auch bei nur mäßiger Mächtigkeit ausgezeichnet fruchtbar und namentlich für Laubhölzer geeignet (am wenigsten Eiche und Birke, sowie Nadelhölzer). In Hochlagen kann Versumpfung eintreten.

§ 33. B. **Urschiefer und metamorphische Gesteine.** Diese Gesteinsgruppe, welche in großer Verbreitung die Erdoberfläche bedeckt, besteht aus kristallinischen Gesteinen, die mit wenigen Ausnahmen, eine mehr oder weniger deutliche Schichtung aufzuweisen haben. Bodenkundlich ist dies von höchster Bedeutung, da je nach Neigung, Dicke und gleichmäßiger Ausbildung der einzelnen Schichten der entstehende Boden sich der Pflanzenwelt gegenüber ganz verschieden verhalten wird. Namentlich die Neigung der Schichten fällt ins Gewicht. Ein Schiefer, dessen Schichten senkrecht stehen, wird dem Wasser leichten Abfluß in die Tiefe gestatten, also leicht an Trockenheit leiden; ein solcher mit Schichten in ebener Lage dagegen dem Wasser nur schwierig ein Versickern gestatten und dadurch eher an Nässe und Versauerung leiden.

Die hierher gehörigen Gesteine wechseln in ihrer Zusammensetzung in viel höherem Maße, zeigen viel mehr Uebergänge ineinander, als dies bei den massigen Gesteinen der Fall ist. Es ist daher auch viel schwieriger, allgemeine Gesichtspunkte für das Verhalten der einzelnen Gesteine zu erlangen, als bei den vorherbesprochenen der Fall war.

G n e i s ist ein flaseriges bis schieferiges Gemenge von Orthoklas (oft auch Oligoklas vorhanden), Quarz und Glimmer; letzterer lamellenartig orientiert. Gneis ist also mit Granit gleich zusammengesetzt und nur durch die Lagerungsweise der Bestandteile verschieden. Uebergänge in Granit und Glimmerschiefer sind häufig.

Abarten des Gneises entstehen, wenn der Glimmer ganz oder teilweise durch andere Mineralien ersetzt ist, dahin gehören: H o r n b l e n d e g n e i s, in dem an Stelle des Glimmers Hornblende und P r o t o g i n g n e i s, in welchem neben dunkelgrünem noch ein gelbgrüner, sehr weicher, talkartiger Glimmer auftritt.

Der Gneis findet sich in mächtigen Lagern und Schichten, bedingt jedoch meist gerundete, weniger schroffe Bergformen als der Granit. Die Verwitterung ist eine verschiedene, je nach der Zusammensetzung und Schichtenlage des Gesteins. Je reicher an Feldspat und dunklem, eisenreichem Magnesiaglimmer, und je ärmer an Quarz und Kaliglimmer, um so rascher geht die Verwitterung voran. Der Gneis zerfällt dabei, namentlich nach frostreichen Wintern, in ein Haufwerk kleinerer, meist plattiger Stücke, die allmählich in einen Gruß und endlieh in einen gelb- bis rotbraunen, mit Quarzkörnern und andern Mineralresten gemengten Boden übergehen. Je aufgerichteter die Schichten des Gneises sind, um so rascher verwittert er.

Der Gneisboden ist meist nicht ungünstig für den Wald, namentlich wächst auf demselben die Fichte, ebenso die Buche und die Tanne.

Granulit, ein schieferiges Gemenge von Quarz und Feldspat, weißer, lichtgrauer, bis lichtrötlicher Farbe, mit kleinen roten Granaten. Granulit verwittert schwer und hinterläßt zuweilen einen nur mit Quarzkörnern gemischten Kaolin.

Glimmerschiefer ist ein rein schieferiges Gemenge von Quarz und Glimmer (namentlich auf dem Querbruch tritt der Quarzgehalt hervor). Je nach der Glimmerart unterscheidet man Kaliglimmerschiefer und Magnesiaglimmerschiefer, die sich bodenkundlich sehr abweichend verhalten.

Die Verwitterung dringt zunächst auf Spalten des Gesteines ein, zumal wenn die Schichten mehr oder weniger aufgerichtet sind; das Gestein kann so noch äußerlich frisch erscheinen, während die Spalten von dem Verwitterungsprodukte, einer eisenreichen gelb- bis rotbraunen, mit Quarz und Glimmer gemischten lockeren Masse erfüllt sind.

Der Verwitterungsboden der Kaliglimmerschiefer ist gelb bis bräunlich, flachgründig und infolge der überwiegenden Glimmerteile auffällig bindungslos; er bildet einen geringwertigen Boden, der oft kaum der Fichte genügt.

Der Boden des Magnesiaglimmerschiefers ist meist reicher an Tonbestandteilen, dunkelbraun und vermag auch anspruchsvolleren Holzarten ein freudiges Gedeihen zu ermöglichen. Beiden Schieferarten gemeinsam ist die ungünstige Einwirkung der zahlreichen, meist wagerecht liegenden größeren Bruchstücke, welche dem Eindringen der Wurzeln Schwierigkeit bereiten.

Urtonschiefer (Phyllit) sind schieferige Gesteine von meist dunkler, grauer, brauner oder grünlicher Farbe. Die Spaltungsflächen besitzen seidenartigen Glanz. Der Urtonschiefer besteht aus mikroskopisch kleinen Quarz-, Feldspat-, Chlorit- und Glimmerteilen. Die einzelnen Bestandteile sind sehr verschieden reichlich vertreten, so daß z. B. der Kieselsäuregehalt zwischen 45 und 75% schwankt. Abarten sind die Fleck- und Knotenschiefer, ferner die Sericitschiefer, in denen weißer bis ölgrüner, seidenglänzender, talkartiger Muscovit (Sericit) in Blättchen und Schüppchen auftritt.

Die Verwitterung ist entsprechend der wechselnden Zusammensetzung eine sehr verschiedenartige. Der quarzreiche, meist dickschieferige Urtonschiefer verwittert schwer und bildet steinige, flachgründige Bodenarten und selbst völlige Geröllagen. In den Mulden, sowie den frischen Ost- und Nordhängen gedeiht die Fichte, während die trockeneren Lagen nur eine ärmliche Vegetation hervorbringen. Trotzdem hat sich diese Form des Urtonschiefers zum Teil für Niederwald (Eichen-Schälwaldungen des Rheines) bewährt.

Die weniger quarzreichen Urtonschiefer zerfallen in einen milden, mit vielen kleinen Schieferstückchen durchsetzten Boden, der Fichte, Tanne und Buche erträgt.

Bodenbearbeitung und Auflockerung wirkt meistens ungünstig, da die vielen Bruchstücke des Schiefers sich nur schwer wieder zusammenlagern.

Die Verwitterung bedingt ein starkes, mechanisches Zerfallen des Urtonschiefers. Die mehr oder weniger starke Neigung der Schichten ist daher von Bedeutung; bei ebener Lage tritt leicht Versumpfung ein.

### § 34. C. **Tonschiefer und Tone.**

Aus den Ablagerungen der bei der Verwitterung entstandenen Tonpartikel entstehen die Tone, die sich dichter zusammenlagern und schiefrige Gesteine bilden können, welche man je nach der Härte als Schieferton (die ziemlich



weichen, aber deutlich schiefrigen Gesteinsarten) und Tonschiefer (härter, meist ausgezeichnet schiefrig, dunkel, oft schwarz gefärbt) bezeichnet. Die mikroskopische Untersuchung hat gelehrt, daß im Schieferton spärliche, im Tonschiefer reichlichere kristallinische Bestandteile vorhanden sind.

Die Tonschiefer und Schiefertone zerfallen in eine rote tonige Masse von lockerem, nicht bündigem Zusammenhalt; Lockerung wirkt in diesem Zustande ungünstig. Erst allmählich verliert sich die bröckliche Beschaffenheit; es entsteht ein kräftiger, toniger Boden, vorzüglich für Fichte, Tanne und Buche.

Als Letten wird eine kaum schieferige Abart des Schiefertons bezeichnet, der in eckige Stücke oder in Scheibchen und Blättchen zerfällt und in einen sehr schweren, fruchtbaren, tonigen Boden übergeht, und den anspruchsvolleren Laubhölzern, namentlich der Buche, geeigneten Standort gewährt, indessen leicht zu viel Wasser festhält. (Letten ist am verbreitetsten in der Keuperformation.)

Ton bildet die unveränderten Zusammenlagerungen der Tonsubstanz; er wird meistens technisch ausgenutzt. Für forstliche Zwecke ist der Ton ungünstig, da er bei seiner Undurchlässigkeit, Kälte und Schwere das Eindringen der Wurzeln erschwert und der Versumpfung in hohem Grade ausgesetzt ist (vgl. S. 260).

Lehm reiht sich den Tonböden an. Er besteht aus einer Mischung von Ton und Sand, ist durch Eisenoxydhydrat gelbbraun gefärbt und je nach dem Tongehalt von verschiedenen Eigenschaften.

**D. Kalk- und Dolomitgesteine.**

Kalkgesteine finden sich in allen Formationen und treten in den verschiedensten Abarten auf. Da der kohlensaure Kalk bei der Verwitterung gelöst wird, so sind die entstehenden Bodenarten zumeist von dem Gehalt und der Zusammensetzung der dem Kalkgesteine beigemischten fremden Bestandteile abhängig und dementsprechend von sehr verschiedenartiger Güte. Bei keinem Gestein wechselt die Fruchtbarkeit der Verwitterungsböden so sehr als bei den Kalkgesteinen. Man kann diese einteilen in:

§ 35. a) reine Kalke, Felsarten umfassend, die fast nur aus kohlensaurem Kalke mit geringen Beimengungen von Eisen, Magnesia und organischen Stoffen (Bitumen) bestehen; aus denselben hervorgehende Bodenarten sind erdarm, mit Steinen durchsetzt, meist trocken und hitzig und gehören daher zu den armen und ärmsten Waldböden. Einzelne wichtige hierher gehörige Gesteinsarten sind:

Kreide, die durch die weiche und zerreibliche Beschaffenheit leicht zerfällt, jedoch, es gilt das namentlich von der weißen Kreide, trockene, hitzige, sehr wenig fruchtbare Böden liefert;

kristallinische Kalke, die nach den Formationen, welchen sie angehören, manche Eigentümlichkeiten besitzen. So ist der Kalk der paläozoischen Formationen (Grauwackenkalk), wie er in Deutschland auftritt, meist dicht, stark zerklüftet und liefert häufig einen flachgründigen, steinigen Boden;

der Muschelkalk (Friedrichshallerkalk), geschichtet, von graulicher Farbe und sehr dichtem Gefüge. Bei der Verwitterung liefert er ebenfalls einen steinigen, erdarmen Boden. In der Juraformation Süddeutschlands finden sich vielfach hell gefärbte (weiße) Kalkablagerungen, die i. allg. schwer zerfallen und auch dann nur ganz arme, an Steinen überreiche Böden bilden.

§ 36. b) Kalkgesteine mit reichlicheren, tonigen Beimischungen bilden die Hauptmasse der Kalkgesteine in jüngeren Formationen. Die Verwitterung bewirkt eine Wegführung des kohlensauren Kalkes, Oxy-



dation des als kohlensaures Oxydul vorhandenen Eisens, während die tonigen Teile die Hauptmasse des Bodens bilden.

Die Verwitterungsböden derartiger Kalkgesteine sind daher sehr tonreich und haben alle Vorteile und Nachteile eines schweren Tonbodens. Der Kalkgehalt, außer in Form beigemischter Steine, ist meist sehr gering. Die tiefer liegenden Kalkschichten sorgen für eine genügende Entwässerung. Derartige Bodenarten sind bei genügendem Bestandsschluß außerordentlich fruchtbar und tragen namentlich Laubhölzer in vorzüglichstem Wuchse. Dagegen sind solche Böden sehr empfindlich gegen Austrocknung, welche ein zähes Zusammenlagern der Tonteile bewirkt und dann einer Anfeuchtung und Trennung der Bodenbestandteile die größten Schwierigkeiten entgegensetzt. (Völlig trockene Kalkböden kann man mehrere Stunden mit Wasser kochen, ehe alle Tonpartikel gleichmäßig verteilt sind, im kalten Wasser können solche Böden stundenlang gelegen haben, ohne daß sich das Wasser beim Umrühren durch Tonteilchen trübt.) Entwaldete, an den frischeren Abhängen meist mit Gras dicht bewachsene Kalkberge bieten der Wiederbewaldung oft die allergrößten Schwierigkeiten. Es beruht dies wesentlich auf der veränderten physikalischen Beschaffenheit des Bodens und der dadurch bedingten Wasserarmut in den trockenen Jahreszeiten. Kiefer, namentlich Schwarzkiefer, haben sich bewährt, einzelne Laubhölzer, Akazie, Weißerle bieten gute Aussichten, letztere besonders zum Voranbau.

§ 37. c) Dolomitische Kalke und Dolomite zeigen in ihrer Verwitterung von den reineren Kalkgesteinen insofern eine bedeutsame Abweichung, als zuerst der kohlensaure Kalk ausgelaugt wird und der Dolomit häufig in Form von sandigen Körnern zurückbleibt. Die dolomitischen Kalke bilden so einen mit Dolomitsand gemischten Tonboden von meist gelblicher Farbe, der vielfach dem Lehm (Ton mit Quarzsand) sehr ähnlich ist und eine große Fruchtbarkeit besitzt. Die reinen Dolomite verwittern dagegen noch schwieriger als Kalkgesteine und ragen meist als Blöcke und Felsmassen unbewachsen hervor, während in den tieferen Lagen sich ein erdarmer, mit Steinen durchmengter, geringwertiger Boden ablagert.

§ 38. d) Mergel sind gleichmäßige und innige Mischungen von kohlensaurem Kalk und Ton, denen oft noch Sand oder Gesteinsmehl beigemischt ist. Je nach dem Vorherrschen des einen oder andern Gemengteiles kann man unterscheiden (vgl. Senft, Gestein- und Bodenkunde, S. 315):

Tonmergel, 15—20 % Kalk, 50—75 % Ton, höchstens 25 % sandige Bestandteile; in den Formationen des bunten Sandsteines und Keupers verbreitet. Die Färbung ist meist rot; der Zusammenhalt gering, da die Gesteine, aus denen er hervorgeht, zunächst in kleine Brocken und Blättchen zerfallen; einmal völlig zersetzt, bildet sich jedoch ein Boden von vorzüglicher Fruchtbarkeit.

Lehmmergel, 15—20 % Kalk, 20—50 % Ton, 25—50 % Sand. Gelbbraun bis braun gefärbt; geht aus der Verwitterung von Sandsteinen hervor, welche sehr reich an kalkig-tonigen Bindemitteln sind; ebenfalls hierher gehört der Diluvialmergel.

Sandmergel, mit wechselndem Kalk und zurücktretendem Tongehalt.

Kalkmergel, 50—75 % Kalk, 20—50 % Ton, höchstens 5 % Sand; meist hellbräunlich gefärbt; dieser Boden zeichnet sich im trockenen Zustande durch auffällige Bindungslosigkeit aus, wird jedoch nach Durchfeuchtung und rasch folgender Trocknung oft hart und fest.

Geschiebemergel auch „Diluvial“- oder „Moränemergel“



nennt man die mehr oder weniger zersetzten und entkalkten Reste der Grundmoräne des diluvialen Inlandeises. Es sind gröbere bis feinste Bruchstücke von Gesteinen, die durch diluviale Gletscher aus Skandinavien und Finnland nach norddeutschen Gebieten verfrachtet wurden.

**E. Konglomerate, Sandsteine und Sande.**

§ 39. Konglomerate sind Gesteine, die aus gerundeten, größeren Stükken eines Minerals oder Gesteines bestehen, welche durch ein Bindemittel verkittet sind. (Breccien setzen sich in gleicher Weise aus eckigen, scharfkantigen Bruchstücken zusammen; für die Bodenkunde ist der für die Geologie wichtige Unterschied ohne Bedeutung.)

Je nach der Verschiedenartigkeit der Bruchstücke, des dieselben verkittenden Bindemittels, dessen Menge und Festigkeit, sind die Konglomerate von sehr wechselnder Beschaffenheit. Hier können nur die beiden wichtigsten Konglomerate (die Grauwacke bei den Sandsteinen), das Rotliegende und die Nagelflue, behandelt werden.

Das Konglomerat des Rotliegenden besteht aus walnuß- bis kopfgroßen Geschieben von Quarz, Hornstein, Kieselschiefer, Granit, Gneis, Felsitporphyr, Glimmer- und Tonschiefer, die durch ein eisenoxydreiches sandiges Bindemittel verkittet sind und dadurch eine rote Farbe erhalten.

Der Verwitterungsboden ist meist flachgründig, steinreich und nicht selten sogar ein unfruchtbarer Grandboden. Auf höheren Stellen ist er von sehr geringem Werte und vermag nur mäßige Kiefern zu ertragen. Namentlich leiden die Pflanzen unter Wassermangel, die Feinerdeanteile werden leicht abgeschlämmt.

Die Nagelflue, im alpinen Tertiär weit verbreitet, besteht überwiegend aus Rollstücken von Kalksteinen, weniger von Sandsteinen und kristallinischen Felsarten, die durch ein mäßig tonreiches, kalkiges Bindemittel verkittet sind.

Grand schließt sich hier an, da er gleich den Konglomeraten aus Geschieben besteht, nur daß ein verkittendes Bindemittel fehlt. Je nach der Zusammensetzung ist der Verwitterungsboden der Grande verschieden, leidet in der Regel, der groben Korngröße wegen, an Trockenheit und vermag dann nur mäßige Kiefern zu tragen. In den Niederungen der Flüsse, wo in mäßiger Tiefe Grundwasser ansteht, und eine genügende Verwitterung der oberen Lagen eingetreten ist, geht dagegen aus den Granden (Flußgrand, Flußschotter) ein besserer Boden hervor, der zumeist landwirtschaftlichen Zwecken dient.

§ 40. Sandsteine sind Gesteine, die aus der Verkittung kleiner, nicht über erbsengroßer Gesteins- oder Mineralbruchstücke bestehen. Letztere gehören überwiegend dem Quarze an, können aber auch aus den verschiedenartigsten Bestandteilen sich zusammensetzen. Einige Sandsteine enthalten Erdöl und Asphalt; Anhäufungen von Ton, sog. Tongallen kommen manchmal vor. Man bezeichnet die Sandsteine vielfach nach ihrem geologischen Alter (Buntsandstein-, Keuper-, Quadersandstein usw.); nach der Zusammensetzung der Bruchstücke unterscheidet man:

Grauwacke, Bruchstücke von Quarz, Tonschiefer, Kieselschiefer, Feldspatkörnern durch ein kieseliges oder kieselig-toniges Bindemittel verkittet und oft durch Kohlenbestandteile hell- bis dunkelgrau gefärbt. Er geht bei Wachsen der Steingröße in Grauwackenkonglomerat über. Der Verwitterungsboden der Grauwacke ist je nach der Zusammensetzung und dem Bindemittel verschieden. Die quarzreichen Abarten mit kieseligem Bindemittel erzeugen einen flachgründigen, erdarmen Boden, der nur dürftige Bewaldung trägt (Kiefer und Birke, bei größerer



Tiefgründigkeit Eiche). Die Grauwacken mit mehr tonigem Bindemittel, meist auch die Konglomerate, geben einen tiefgründigeren, steinfreieren Boden, der Fichte, Eiche, Tanne und Buche trägt.

Arkose-Sandstein, besteht aus Quarz und Feldspat, enthält zuweilen auch Glimmer. Manche Buntsandsteine, sowie solche der Kohlenformation gehören hierher.

Grünsandstein enthält neben Quarz noch Körner von Glaukonit, meist kalkig-toniges Bindemittel. (Kreideformation.) Die Glaukonitkörnchen werden als Steinkerne von Foraminiferen und anderen Lebewesen gedeutet.

Glimmersandstein, Quarz und Glimmer; meist etwas schiefrig ausgebildet.

Wichtiger als die Zusammensetzung der Körner ist für die Sandsteine die Menge und Natur des Bindemittels; hiernach unterscheidet man:

tonigen Sandstein mit einem durch Eisen rot oder gelbbraun gefärbten tonigen Bindemittel, welches meist reichlich vorhanden ist. (Viele Buntsandsteine, namentlich der oberen Abteilung, gehören hierher.) Diese Sandsteine zerfallen leicht und geben einen lehmigen oder sandigen, tiefgründigen Boden von günstiger Beschaffenheit;

mergeligen Sandstein mit kalkig-tonigem Bindemittel; vorwiegend hell gefärbt. Diese Sandsteine zerfallen leicht in einen tiefgründigen Sandboden von guter Beschaffenheit;

kalkige Sandsteine mit überwiegend kalkigem Bindemittel;

kieseligen Sandstein mit kieseligem Bindemittel (mittlerer bzw. unterer Sandstein; die Hauptmasse des Quadersandsteins). Bei der Verwitterung, welcher die an Zement armen Abarten nur sehr schwierig unterliegen, bilden sic lockere, trockene und unfruchtbare Sandböden, die überwiegend von der Kiefer besetzt sind;

eisenhaltige Sandsteine mit einem aus Eisenoxyd oder noch häufiger aus Eisenoxydhydrat bestehenden Bindemittel.

Quarzit schließt sich genetisch häufig an die Sandsteine an; er ist ein dichtes bis körniges Quarzgestein ohne oder mit spärlichem kieseligem Bindemittel. Nach seiner Zusammensetzung ist er der Verwitterung nur sehr schwer zugängig und ragt oft völlig vegetationslos hervor. Die körnigen Formen geben einen flachgründigen Sandboden. Nur in sehr seltenen Fällen sind so viel fremde Bestandteile (Ton und eisenschüssige Tone) vorhanden, daß bei der Verwitterung ein erträglicher Boden entstehen kann.

§ 41. Sande. Die Sande stehen zu den Sandsteinen in demselben Verhältnis, wie die Grande zu den Konglomeraten. Die Sande unterliegen, soweit sie aus Silikatverbindungen bestehen, in gleicher Weise der Verwitterung, wie Bestandteile der Sandsteine. (Diluvialsande siehe später.) Anzuführen sind die namentlich der Tertiärformation angehörigen Abarten:

Glimmersand, meist sehr feinkörnig, mit Glimmerblättchen durchsetzt. Bodenarten mittlerer Güte.

Tertiäre Quarzsande, aus Milchquarz mit Kieselschieferbruchstücken gemischt. Sehr arme unfruchtbare Bodenarten.

Zu den Sanden gehören auch die vulkanischen Sande und Aschen. Bei den Eruptionen der Vulkane werden große Massen fein verteilter Mineralteile ausgeworfen. Je nach dem Feinheitsgrade unterscheidet man vulkanische Aschen und

Sande. Die ersteren lagern sich zusammen und bilden dichte, weiche Massen, die vulkanischen Tuffe. Die aus denselben hervorgehenden Böden sind meist von mittlerer oder hoher Güte. Die vulkanischen Sande dagegen erlangen nur sehr langsam einen geringen Zusammenhang und bilden trockene, unfruchtbare Bodenarten, die zuweilen kaum eine dürftige Vegetation zu tragen vermögen.

Diluvialsand, ein fein- bis grobkörniger Sand, der überwiegend aus etwas gelblich gefärbten Quarzkörnern besteht, daneben aber noch mehr oder weniger reichlich Körner von Feldspat (daher auch Spatsand) und Hornblende enthält. Im unverwitterten Zustande, sowie in größerer Tiefe enthält der Diluvialsand immer kohlensauren Kalk (häufig Bryozoenreste aus den zerstörten Kreideschichten stammend) beigemischt. Nicht selten finden sich im Diluvialsand einzelne beigemengte Steine, sowie schwache oder stärkere Schichten von Grand. Bei der Verwitterung wird zunächst der Kalk ausgelaugt, dann verwittern die Silikate und färben hierbei den Sand schwach gelbbraun. Allmählich überwiegt die Auswaschung durch die Atmosphärilien und gleichzeitig erfolgen Einlagerungen humoser Stoffe. Es sind so in allen diluvialen Sanden drei Zonen zu unterscheiden: zu oberst ein humoser Sand, in dem die Verwitterung fast beendet und der zum Teil seiner Mineralstoffe (ausschließlich Kieselsäure) beraubt ist. In scharfer Linie von ersterem geschieden, ein gelblicher Verwitterungssand, reich an löslichen, von mittlerem Gehalt an unlöslichen Mineralstoffen, der nach unten allmählich in den als Grundgestein zu betrachtenden gewöhnlichen Sand übergeht.

Der Diluvialsand findet sich in großer Ausdehnung und bildet die mittleren Klassen des norddeutschen Waldbodens. Die Kiefer findet hier ihren günstigsten Standort, während Eiche, Buche und Hainbuche noch fortkommen; die beiden letzteren zumeist als Unterholz unter der Kiefer.

Talsand, ein steinfreier, sehr gleichmäßig mittelkörniger Sand mit humosen Beimengungen in den oberen Schichten; eine Folge der weit fortgeschrittenen Verwitterung und Auslaugung. Der Talsand ist eben gelagert. Forstlich bildet er einen großen Teil der mittleren Kiefernböden (meist III. Kl.), vielfach mit reichlichem Wacholderunterwuchs; steht in mäßiger Tiefe (häufig in etwa 2 m) Grundwasser an, so trägt der Talsand auch noch Laubhölzer.

Talgeschiebesand hat im ganzen die Bestandteile des Diluvialsandes, nur daß durch Wasserfluten alle feineren und namentlich die tonigen Teile ausgewaschen sind. Dementsprechend besteht der Talgeschiebesand vorwiegend aus Quarzsand mit reichlichen Steinbeimengungen. Der Wert eines solchen Bodens ist ein geringer und gehören die Kiefernboden der IV. und V. Kl. überwiegend diesen Ablagerungen an. (Lit. namentlich in den Abhandlungen der preußischen geologischen Landesanstalt, sowie in der Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellschaft.)

Für Bodenbildung, Bodeneigenschaften und Umwandlung des Bodens von hervorragender Bedeutung sind endlich:

## F. Die Humusstoffe.

Literatur: Wollny, Die Zersetzung d. organischen Stoffe und die Humusbildung. Heidelberg 1897. Potonié, Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten. Berlin 1911. Bd. 2, herausgegeben als Bd. 55, II von der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt. Baumann, Untersuchung über die Humussäuren. Mitt. d. Kgl. Bay. Moorkulturanstalt. Stuttgart 1909, Heft 3, S. 52.

§ 42. Allgemeines. Die Humusstoffe sind gelbbraun bis schwarzbraun gefärbte Produkte, die nach dem Absterben der organischen Materie entstehen; Humus, so lautet die Definition, sind mehr oder weniger in natürlicher Zersetzung befind-



liche, brennbare Reste von Organismen, meist von Sumpf- und Landpflanzen. Humus ist also das Zwischenglied zwischen abgestorbener Pflanze und deren Mineralisierung. Diese Umwandlung ist unter natürlichen Verhältnissen hauptsächlich an die Lebenstätigkeit von Mikroorganismen (Bakterien, Fadenpilzen) geknüpft, nebenher laufen chemische Prozesse [1]). Die dadurch entstehenden Humusprodukte sind in ihrer Art von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Substanz, ihrer Umgebung und der Organismenflora abhängig, die auf sie einwirkt. Diese letztere ist außerordentlich anpassungsfähig und vermehrt sich rasch. Bei Umsetzung organischer Massen tritt häufig eine Art in den Vordergrund und ebenso die von ihr erzeugten Stoffwechselprodukte, während andere Arten unterdrückt werden und häufig nur als Sporen zugegen sind. Nun sind aber alle Arten dieser Zerstörer in ihren Lebensbedingungen an gewisse Grenzen gebunden, sie gehen, wie alle Lebewesen, an ihren eigenen Stoffwechselprodukten zugrunde, wenn diese nicht aus ihrer Umgebung verschwinden bzw. unwirksam werden. Wenn dies nicht geschieht, tritt eine neue, den herrschenden Verhältnissen besser angepaßte Art das Erbe an, um schließlich den gleichen Bedingungen zu erliegen und einer anderen Spezies Platz zu machen; immer bleibt die den jeweiligen Verhältnissen am besten „angepaßte“ Art Sieger.

Nach den Lebensbedingungen an sich sind die Mikroorganismen hauptsächlich abhängig von Wasser, Temperatur, Nährstoffen, Licht, Luft und Druck. Auch Giftstoffe hemmen bzw. unterbinden die Entwicklung. Die Ansprüche an diese einzelnen Faktoren sind je nach Art spezifisch verschieden und variieren innerhalb gewisser Grenzen; sie setzen bei einem Minimum ein, haben ein Optimum und ein Maximum. Unterhalb eines Minimums und oberhalb eines Maximums sind die Mikroben, wie alle Organismen, nicht existenzfähig; bei optimalen Verhältnissen finden sie dagegen die beste Entwicklung.

Von diesen Lebensbedingungen ist nun eine von relativ großer Bedeutung für die Schnelligkeit, mit der sich die Umsetzung der organischen Stoffe in der Natur vollzieht: die Luft, spez. der Luftsauerstoff. Es hat sich gezeigt, daß die luftliebenden (äroben) Bakterienarten die organische Substanz am raschesten aufzehren und in Kohlensäure, Amoniak, Salpetersäure und Wasser umsetzen, wobei die Aschenbestandteile als solche zurückbleiben.

§ 43. Diese Zersetzung bei genügend Luftzutritt bezeichnet man im allgemeinen als Verwesung, jene bei beschränktem, bzw. sistiertem Luftzutritt als Fäulnis.

Auch die letztere ist von Mikrobentätigkeit abhängig, doch sind es zumeist luftscheue (anaerobe) Arten. Die entstehenden Umsetzungsprodukte sind ferner in höherem Maße als bei der Verwesung von chemischen Prozessen bestimmt, sie sind im allgemeinen auch sauerstoffärmer wie das Methan und der Schwefelwasserstoff, die typische Fäulnisprodukte sind. Die saure Reaktion, die der Boden dabei zeigt, führt man auf die sogenannten „Humussäuren“ zurück (s. S. 225 u. ff.).

Durch Fäulnis finden die organischen Bodenteile langsamere Umsetzung als durch Verwesung; die benachbarten mineralischen Anteile des Bodens dagegen unterliegen einer beschleunigten Verwitterung.

In der Natur verlaufen Verwesung und Fäulnis häufig nebeneinander. Vermögen doch die Bakterien selbst sich den Luftverhältnissen anzupassen. Eine Gruppe der sogenannten thermophilen Bakterien z. B. wächst nur bei Luftzutritt oberhalb

1) Pasteur bezeichnete die Mikroben als die Totengräber der Natur.



50°, bei Luftabschluß dagegen noch zwischen 40—50°. Eine andere anaerobe Art vermag auch bei Luftgegenwart zu gedeihen, wenn sie mit einer aeroben Spezies vergesellschaftet vorkommt, die den die Entwickelung jener hemmenden Sauerstoff für sich verbraucht.

Sonst richtet sich natürlich die Geschwindigkeit mit der sich organisierte Stoffe umsetzen auch nach der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Substanz: im allgemeinen zerfallen frische, lockere, stickstoff- und wasserreiche Gebilde rasch, harz-, wachs-, fett- und kieselsäurereiche langsam.

Eine strenge Scheidung zwischen Produkten der Verwesung und Fäulnis ist nicht möglich.

Um aber wenigstens einigermaßen den daraus für Theorie und Praxis entstehenden Unzulänglichkeiten zu begegnen, nahm der internationale Verband forstlicher Versuchsanstalten 1906 etwa folgende Normen für die Bezeichnung der

§ 44. Humusformen des (trockenen) Waldbodens an[1]):

a) Moder ist zerkleinerte, humifizierte Bodenstreu, welche dem Mineralboden lose gelagert aufliegt und ziemlich leicht weiter zersetzbar ist.

b) Trockentorf (früher Rohhumus, vgl. S. 186) besteht aus zusammenhängenden, meist dicht gelagerten, schneidbaren humosen Massen mit hohem Gehalt an makroskopisch erkennbaren Pflanzenresten.

Anzufügen wäre hier noch: Moortorf (früher Wassertorf oder „Torf") mit gleichen Eigenschaften wie der Trockentorf, nur im Gegensatz zu diesem im Nassen, im Moor entstanden.

Für die Bezeichnung der übrigen Humusformen, die mehr geologisches Interesse haben, schloßen sich die forstl. Versuchsanstalten den geolog. Landesanstalten an. Dahin gehören:

a) Sapropel- (Faulschlamm-)Bildungen, d. i. aus verwesenden organischen, insbesondere tierischen Stoffen bestehender Schlamm, wie er sich oft in stagnierenden Gewässern anhäuft.

b) Liptobiolithe, das sind Humusgesteine, die hauptsächlich Wachse, Harze und Wachsharze enthalten und sich sehr schwer zersetzen (z. B. Copal, Fichtelit).

Nach Potonié (loc. cit.), der hauptsächlich die Grundlagen für die neue Klassifikation bearbeitete, ergäbe sich als folgendes Schema:

Biolithe
- Akaustobiolithe, (nicht brennbar wie Korallen-, Kreidekalk etc.)
- Kaustobiolithe, (brennbar)
  - Sapropelite,
  - Humusgesteine,
  - Liptobiolithe.

§ 45. Humuslagerstätten.

Der Humus kann sich an Ort und Stelle seiner Lagerung gebildet haben (autochthon), er kann aber auch von anderen Orten herangebracht worden sein (allochthon);

1) Albert, Bezeichnung d. Humusformen des Waldbodens. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1907. S. 3.

Vergl. a. Potonié, Klassifikation und Terminologie d. rezenten, brennbaren Biolithe. Berlin 1906. C. A. Weber, Abhandlung des naturwissenschaftlichen Vereins, Bremen, Bd. 17, 1903. Vater, Die Bezeichnung der Humusformen, Vortrag a. d. Vers. deutscher forstl. Vers.-Anst. Eisenach 1904. Sep.-Abdruck.

Die vom Verband forstl. Versuchsanstalten angenommene Klassifikation hat nicht allgemein befriedigt, s. Ramann, Bodenkunde, III. Aufl. Berlin 1911, S. 171. Grf. zu Leiningen, Naturwissensch. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtsch. 1909, S. 8.





seine Bildung kann auf dem Boden (im Trockenen und Nassen), in dem anorganschen Boden und unter Wasser erfolgen. So entstehen z. B.:

a) auf dem Boden: Moder, Trockentorf (s. S. 209);
b) in dem Boden: Liptolithe (Humuserden s. S. 262);
c) unter dem Wasser: Sapropele (s. S. 209).

An Plätzen, wo der Zugang an organischen Stoffen größer ist als der Abgang durch Zersetzung, häufen sich die verbleibenden Reste nach und nach an; Moder kann dabei in Trockentorf, dieser in Moortorf übergehen. In der Natur ist dies häufig dort der Fall, wo auf undurchlässigem Grunde Wasser stagnieren kann, welches die rasche Mineralisierung vorhandener und anfallender organischer Stoffe hemmt.

Gelände, die solche Massenansammlungen von Humus zeigen, nennt man M o o r e, wenn die abgelagerten Humusmassen im entwässerten Zustande mindestens 2 dm Mächtigkeit besitzen. Moor ist also ein geographischer, Torf dagegen ein petrographischer Begriff.

Die Beschaffenheit der Torfsubstanz der Moore richtet sich nach den an der Torfbildung beteiligten Pflanzen; diese wieder sind verschieden hauptsächlich nach dem Nährstoffreichtum des ihnen zur Verfügung stehenden Wassers.

Aus Pflanzengemeinschaften nährstoffreichen Wassers entsteht der Gras-, Grünlands-, Wiesen- oder Rasentorf; aus Pflanzengemeinschaften nährstoffarmen Wassers der Torfmoor-, Wollgras-, Heidetorf.

Ablagerungen des ersteren bezeichnet man, wahrscheinlich der ebenen Oberfläche wegen, als F l a c h m o o r oder N i e d e r u n g s m o o r, Ablagerungen der letzteren mit im allgemeinen aufwärts gewölbter Decke als H o c h m o o r. Zwischen diesen beiden Arten sind mannigfache Uebergänge vorhanden, die man U e b e r g a n g s -, M i s c h- oder Z w i s c h e n m o o r e nennt; die Flora ist demgemäß eine Mischflora und steht in ihren Ansprüchen an die Nährstoffe des Bodenwassers zwischen Flachmoor und Hochmoor.

Diese „morphologische" Einteilung nach Flach-, Hoch- und Zwischenmoor ist diejenige, die nach dem Beschlusse des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten vom 3. IX. 1908 bei forstlichen Standortsbeschreibungen anzuwenden ist.

### § 46. Die Entstehung der Moore.

L i t e r a t u r: W e b e r, Englers Bot. Jahrbücher Bd. 40, 1907. P o t o n i é, Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten. Berlin 1911, Bd. 2, herausgegeben als Bd. 55, II von der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt. F r ü h und S c h r ö t e r, Die Moore der Schweiz. Bern 1904.

Die Entstehung der Moore knüpft gewöhnlich an flache Wasserbecken, Ueberschwemmungsgelände von Flußläufen, Bächen und Strömen mit geringem Gefälle an. In solchen seichten Wasserstellen, die ganz oder teilweise des Jahres mit nährstoffreichem Wasser versorgt werden, entwickelt sich eine mehr oder minder üppige Flora und Fauna niederer Organismen, welche sich nach ihrem Absterben dem sandigen, tonigen oder kalkigen Material am Grunde einmischen und so als S c h l a m m t o r f die unterste Lage nächst dem anorganischen Boden bilden.

Darüber findet man in manchen Mooren eine gelblich-grüne, gallertartige Torfbildung, die man ihrer leberartigen Beschaffenheit wegen L e b e r t o r f benannte. Man hat darin Exkremente von Wassertieren, Reste von Bakterien und ähnlichen Kleinlebewesen nachgewiesen.

Hatten die Absätze eine gewisse Höhe erreicht, fanden sich vom Rande des Sees her in üppigerer Form das Dachrohr (Phragmites), Seggen (Carex), Binsen (Scirpus), Rohrkolben (Thypha) ein, welche, abgestorben, sich mit anderen Wasser-



gewächsen (Seerosen, Nixtraut usw.) vermischten und als Rohr- oder Schilftorf das Wasserbecken nach und nach soweit ausfüllten (verlandeten), daß auf dem schwankenden Gelände Erle, Weide, Pappel, kurzum die Vertreter unseres Bruchwaldes Wurzel schlagen konnten. Die Abfälle desselben, zusammen mit jenen der Bodenflora, legten sich auf den Schilftorf und erhöhten als Bruchwaldtorf nach und nach das Gelände derart, daß der ehemalige Wasserspiegel in ihm aufging.

Die Bodenoberfläche aber entfernte sich durch die Abfälle weiter und weiter von der ehemaligen Wasserfläche, es gelang den Vertretern des Bruchwaldes nicht mehr, mit den Wurzeln das nährstoffreiche Grundwasser zu erreichen, sie kümmerten, starben ab und machten den anspruchsloseren Kiefern (Pinus) und Birken (Betula) Platz. Auch diese erlagen schließlich den gleichen Umständen und hinterließen den Kiefern- und Birkenwaldtorf.

In unserer Stufenfolge, bei der sich immer die anspruchslosere Pflanze im Kampf ums Dasein behauptet, treffen wir nun eine Flora, die an die Nährstoffe des Bodens wenig, bzw. gar keine Ansprüche mehr stellt, die nur von dem lebt, was ihr die Atmosphärilien zuführen. Es sind zunächst Scheuchzeria (Sch. palustris) und das Wollgras (Eriophorum vaginatum), die den Scheuchzeria- und Wollgrastorf ablagerten, und endlich als Schlußglied der Kette überhaupt die Sphagneen und der Sphagnumtorf.

Nun zeigt nicht jedes Moor auch bei ungestörter Entwickelung die aufgeführten Torfschichten, manche können fehlen, neue hinzutreten. Aenderten sich während des Wachstums eines Moores die Vegetationsbedingungen, änderte sich entsprechend auch die Vegetation selbst (natürlich nicht mit einem Schlage).

Wesentlich bestimmend waren dabei die Nährstoffverhältnisse des verfügbaren Wassers. Daher bestehen wesentliche Differenzen zwischen dem Aschengehalt des Flachmoors und des Hochmoortorfs. Fleischer[1]) gibt als Durchschnittsbefunde an:

| | Flachmoor (in % der Trockensubstanz) | | Hochmoor (in % der Trockensubstanz) |
|---|---|---|---|
| Verbrennl. Stoffe: | 90 | | 97 |
| Stickstoff: | 2,5—4 | | 1 |
| Kali: | 0,1 | | 0,04 |
| Kalk: | 4,0 | bis 30,0 und mehr | 0,25 |
| Phosphorsäure: | 0,25 | bis 6,0 und mehr | 0,05 |

Mit Sphagneen als Hauptpflanzenbestand ist die natürliche Entwicklung des Moores nach der floristischen Seite abgeschlossen; nur wenn die Vegetationsbedingungen eine natürliche oder planmäßig eingeleitete Störung (Melioration) erfahren, treten Aenderungen entsprechend den neuen Verhältnissen ein. Natürliche Störungen sind seltener als künstliche, die durch menschliche Tätigkeit in der Absicht hervorgerufen werden, die Moorflächen ertragsreicher zu machen. Literatur s. S. 262.

Torfbildende Pflanzen:

a) des Flachmoors sind hauptsächlich: manche Süßgräßer (Gramineen); das gemeine Dachrohr („Reet", „Ried" (Phragmites communis), Schilf (Calamagrostis); hochwüchsige Seggen (Carex panniculata, C. pseudocyperus); ferner Phalaris arundinacea, Calla pallustris, Menyanthes trifoliata, Binse (Scirpus), Rohrkolben (Thypha),

1) Fleischer, Arbeiten d. Deutschen Landw.-Ges., Bd. 17, S. 120.

Simse (Juncus); von den Moosen: wenig Torfmoose (Sphagnum), dagegen viel Astmoose (Hypnum); von Holzarten hauptsächlich: Erle (Alnus), daneben Weide (Salix), Esche (Fraxinus), Fichte (Pinus excelsa);

b) des Hochmoors: hauptsächlich Sphagneen (Sphagnum medium, fuscum, acutifolium, rubellum, recuvrum) zwischen ihnen gemeine Heide (Calluna vulgaris), Glockenheide (Erica tetralix), Rosmarinheide (Andromeda polifolia), Rasensimse (Scirpus caespitosus), Wollgras (Eriophorum vaginatum), Sonnentau (Drosera: angelica, rotundifolia, intermedia), Krähenbeere (Empetrum nigrum), Gagelstrauch (Myrica gale), Moosbeere (Vaccinium oxycoccos), Porst (Ledum palustre);

c) des Zwischenmoors: Scheuchzeria (palustris), Wollgras (Eriophorum vaginatum), Bentgras (Molinea coerulea), Kiefer (Föhre = Pinus sylvestris), Birke (Betula alba), Fichte (Pinus excelsa), Eiche (Quercus), Astmoose (Hypneen), wenig Sphagneen.

Da die dem Flachmoor angehörenden Gewächse sich unter dem vorherrschenden Einfluß des Grundwassers entwickelten, nennt man die daraus hervorgehenden Torfablagerungen auch Unterwasser- oder infraaquatische Moore, jene, bei denen dieser Einfluß unterblieb, Ueberwasser- oder supraaquatische Moore.

Hangmoor ist eine Bezeichnung für Moore an Hängen, Quellmoor eine solche für Lage an Quellen, beide nehmen sonst keine Ausnahmestellung ein. Auch unter dem Einfluß wirtschaftlicher Momente sind gewisse Namen entstanden, so gelten als „Waldtorf“ jene Torfschichten, welche von den Vertretern des Bruchwaldes und ihren baumartigen Nachfolgern herrühren (Erle, Weide, Pappel, Kiefer, Birke), deren Reste häufig noch gut erhalten eingeschlossen sind. „Aelterer Moostorf“ ist ein Terminus für die älteren Schichten der vertorften Hochmoorflora; durch weitgehende Zersetzung ist die Struktur derselben fast verloren gegangen, er erscheint amorph, braun bis schwarz gefärbt, erleidet durch Austrocknung eine Kontraktion der Masse bis auf $^1/_6$ des ursprünglichen Volumens und wird als „Brenntorf“ viel abgebaut. „Jüngerer Moostorf“ entstammt dagegen den jüngsten Hochmoorschichten, ist heller von Farbe, schwindet nur auf halbes Volumen nach dem Austrocknen, ist elastisch, porös, von geringem Volumengewicht, vermag viel Flüssigkeit aufzunehmen und ist deshalb als Pack- und Streumaterial geschätzt.

Das Wachstum der Moore ist verschieden. Sphagneen wachsen in unseren Breiten jährlich etwa 0,3—2,5 cm; durch die Vertorfung erleidet die Masse eine Kontraktion, so daß man als jährlichen Zuwachs 1—2 mm durchschnittlich für Hochmoore annehmen kann.

Im Bourtanger-Moor am linken Ufer der Ems waren die alten Römerbrücken nur etwa 60 cm vom Moor überlagert.

Die mittlere Mächtigkeit der Moore beträgt 3—4 m, die größte Moortiefe von 24,6 m beobachtete man auf einem norddeutschen Hochmoor (vgl. Mitt. d. Ver. z. Förderung d. Moorkultur 1901, S. 286).

Auch das Alter der Moore ist unterschiedlich; unter entsprechenden Verhältnissen (stauende Nässe) vermögen noch heute neue Moore zu entstehen, andere gehen im Ursprung ans Ende der Diluvialzeit zurück. Daher sind die Moore gute Fundplätze für Fossilien postglazialer Zeit.

§ 47. Verbreitung der Moore.

Hohe Niederschlagsmengen, hohe Luftfeuchtigkeit, geringe Verdunstung, kurzum Vorgänge, die den Wassergehalt in Boden und Luft günstig beeinflussen, fördern auch die Torfbildung. Daher finden sich Moore, besonders Hochmoore, stark verbreitet in der kalten und kühlen gemäßigten Zone, an Seeküsten, im höheren Gebirge etc. Entgegen früheren Annahmen ist jetzt erwiesen, daß auch tropische Klimate große Moore (Flachmoore) aufweisen.

Nach einer Angabe des „Prometheus" (1910, S. 495) besitzen Moore:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Rußland: | 38 000 000 ha | = | 7 % | d. Landesfläche |
| Finnland: | 7 400 000 ha | = | 20 % | „ |
| Schweden: | 5 198 000 ha | = | 16,2 % | „ |
| Deutschland: | 2 837 000 ha | = | 5,2 % | „ |
| Norwegen: | 1 600 000 ha | = | 5,0 % | „ |
| Irland: | 475 000 ha | = | 5,8 % | „ |
| Dänemark: | 236 000 ha | = | 6,2 % | „ |

Nach Kreuter [1]) soll

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Holland: | 37 573 ha | = | 1,6 % | „ |

Moore besitzen.

## IV. Kapitel.

## Absätze aus verwitternden Gesteinen.

Literatur: Roth, Allg. u. Chemische Geologie. Berlin 1879, Bd. 1, S. 532. Bischof, Lehrbuch d. chemischen u. physik. Geologie. 2. Aufl. Bonn 1863—66. Knop, Studien über Stoffumwandlung i. Mineralreich. Leipzig 1873. Walther, Einl. i. d. Geologie. Jena 1893/94.

§ 48. Allgemeines. Die unmittelbar bei der Verwitterung entstehenden Produkte sind zweierlei Art, lösliche und unlösliche.

Auch die löslichen können am Ort der Entstehung lokalisiert bleiben, wenn sie gegen Lösung und Transport durch Wasser, Eis, Wind etc. geschützt sind, oder wenn sie aus Lösungen durch chemisch-physikalische Vorgänge (Aenderung in Temperatur, Druck, Konzentration) abgeschieden werden.

So hinterläßt ein Tropfen Quellwasser nach dem Verdunsten des Wassers eine gewisse Menge Stoffe, die vorher gelöst vorhanden waren. Nicht immer sind die ausgeschiedenen Stoffe in gleicher Art wieder auflösbar, häufig treten sekundäre Umsetzungen durch Einwirkung umgebender Medien (Sauerstoff, Kohlensäure etc.) ein, wodurch der abgeschiedene Stoff meist in einen dauerhafteren Zustand übergeführt wird.

Solche durch Verwitterung entstehende, lösliche und für die Bodenbildung wichtige Absätze werden nach äußeren Kennzeichen unterschieden in:

a) Kristalle, das sind Abscheidungen einer chemischen Verbindung in gesetzmäßiger Gestalt (z. B. Bergkristall).

b) Konkretionen, das sind chemisch abgeschiedene Knollen, die sich in der Regel von einem Kern aus bilden und durch Rindenwachstum vergrößern (z. B. Rogenstein).

c) Sekretionen, die im Gegensatz zu den Konkretionen von außen nach innen wachsen, deren erste Abscheidung sich also an den Grenzschichten eines Hohlraumes vollzieht (z. B. Achat).

---

1) Kreuter, Handb. d. Ing. Wissenschaften, IV. Aufl. Leipzig 1909. 7. Bd. S. 377.



d) Ausfällungen; d. s. Absätze meist feinpulveriger, amorpher Art (z. B. Raseneisenerz, Ortstein).

Nach der chemischen Zusammensetzung sind diese Absonderungen Karbonate, Sulfate und Sulfide, Kieselsäure und Silikate, Oxyde und Oxydhydrate, humose Stoffe, Phosphate und Chloride.

I. Absätze gelöster Verwitterungsprodukte.

§ 49. A. Karbonate des Kalkes, der Magnesia und des Eisenoxyduls gehören zu den verbreitetsten Absätzen. Die Entstehung beruht hauptsächlich auf Umsetzung nach folgender Gleichung:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2Ca(CO_3)_2;$$

d. h. in kohlensäurehaltigem Wasser ist Kalkstein löslich als saurer kohlensaurer Kalk (vgl. S. 180). An der Luft, ebenso durch manche Pflanzen wird die Umsetzung rückgängig, und neutrales Kalkkarbonat wird wieder abgeschieden. Dahin gehören als Abarten:

a) Kalksinter, der hauptsächlich als Stalaktiten in Höhlungen der Kalkgebirge gefunden wird. Auch Absätze heißer Quellen werden als Sinter bezeichnet.

b) Kalktuffe, poröse oder faserige, blasige, schwammige Kalksteinmassen, meist Inkrustate pflanzlicher und tierischer Organismen mit bis 90 % $CaCO_3$ = 50,4 % CaO.

c) Seekreide, Wiesenkalk (Alm) sind feinkörnige, kreidige Kalkabscheidungen am Grunde bestehender oder ehemaliger Süßwasserbecken. Auch hier sind Organismen an der Entstehung beteiligt. CaO = 28—49 %. Werden Wiesenkalke durch Einlagerung mooriger Humusteile dunkel gefärbt, nennt man sie „Moormergel" oder „Kalkmoor".

d) Lößpuppen, Lößkindchen, Mergelknauern sind Kalkkonkretionen mit 34—45 % Kalkgehalt, unter Löß- und Diluvialmergel in eigentümlicher knolliger Form auftretend.

e) Osteokolla, nennt man Kalkincrusta von Wurzeln, die unter Löß aber auch in Diluvialsanden viel gefunden werden und Tierknochen oft nicht unähnlich sehen.

f) Rheinweiß heißt man eine 10—40 cm starke, schichtige Abscheidung von kohlensaurem Kalk zwischen Rheinkieseln, wodurch parallel zur Oberfläche im Abstande von 40—100 cm eine die Vegetation außerordentlich hemmende Einlagerung entsteht.

Als Absätze aus verwitterten Gesteinen, aber nicht direkt, sondern indirekt durch die Lebenstätigkeit von Tier und Pflanze hervorgerufen, sind aufzuführen: Muschelkalk, Kreide, Korallenkalk.

§ 50. B. Sulfate und Sulfide.

Wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk findet sich häufig als Absatz aus Gipslösung, aus Lösung von Kalkkarbonat und Magnesiumsulfat, aus Thermen, als Dornstein in Salinen etc. Nach Haver-Dröze [1]) lösen 10 000 Teile Wasser bei 15° = 25,13 Teile Gips, entspr. 19,87 Teilen $CaSO_4$. Gehalt des Wassers an Kohlensäure erhöht die Lösung nicht.

Eisenkies ($FeS_2$) findet sich abgeschieden in Drusen, Gängen, als Konkretion in Tonen und Mergeln, als feine Imprägnation in Alaunschiefern, und als Vererzung organischer Reste. Als Reduktionsprodukt von Sulfaten bildet er Nester in Mooren

1) Haver-Dröze, Berichte d. Deutschen Chemischen Gesellsch. Bd. 10, S. 330, 1877.



und ist dort als Pflanzengift gefürchtet, weil er sich an der Luft in freie Schwefelsäure und Eisenvitriol umsetzt:

$$FeS_2 + H_2O + 7O = FeSO_4 + H_2SO_4.$$

§ 51. C. Kieselsäure und Silikate.

Kieselsäure ist auf Gängen, Klüften und in Drusenräumen der Gesteine häufig aus Lösungen in schönen Kristallen abgeschieden und gibt gefärbt eine große Reihe Halbedelsteine (Bergkristall, Amethyst, Rosen-, Milch-, Sapphirquarz, Avanturin etc.).

Kieselsinter (Geyserit) ist ein Verdampfungsrückstand aus Thermen. Er bildet als porös-lockere Abart den Kieseltorf.

Auch Organismen scheiden durch ihre Lebensvorgänge Kieselsäure aus Lösungen ab, so Diatomeen die Diatomeen- oder Infusorienerde.

Wasserhaltige Silikate spielen eine wichtige Rolle im Boden.

§ 52. D. Oxyde und Oxydhydrate.

Hier interessieren hauptsächlich:

a) Eisenocker d. s. amorphe Eisenabscheidungen aus Eisenoxydul, welches in kohlensäurehaltigem Wasser etwas löslich ist:

$H_2Fe(CO_3)_2 = FeCO_3 + CO_2 + H_2O$; $2FeCO_3 + 3H_2O = Fe_2(OH)_6 + CO_2$; das lösl. saure Eisenoxydulkarbonat geht also an der Luft in das unlösl. neutrale Salz über, das weiterhin in Eisenoxydhydrat und Kohlensäure zerfällt. Dem natürlichen Eisenocker, der sich hauptsächlich aus Quellen abscheidet, sind in wechselnder Menge tonige und kalkige Teile beigemischt.

b) Raseneisenstein (Sumpf-, Brauneisenerz, Limonit), ist ähnlich dem Ocker entstanden und enthält Eisenoxydhydrat Eisensilicate und Eisenphosphate neben Sand, Ton und organ. Beimengungen; es ist eine braune bis schwarze, schwammige bis dichte Varietät des Brauneisenerzes und findet sich nesterweise, oft aber auch in geschlossenen Bänken unterhalb Sümpfen und Mooren, überhaupt, wo eisenhaltige Wässer an die Luft kommen (Quellen). Nach den neuesten Untersuchungen von Molisch[1]) können sich an der Raseneisenerzbildung Bakterien (Leptothrix und Gallionella) beteiligen, „doch ist dies keineswegs so allgemein der Fall, wie Ehrenberg und Winogradsky behauptet haben".

c) Eisenschüssige Sande sind Sande, besonders im Diluvium, die stark mit Eisenverbindungen imprägniert sind und sich durch die rostrote bis braune Farbe abheben. Im Rheintale sind sie sehr häufig, backen im trockenen Boden fest zusammen, sind weich nach Nässe, zerfallen aber sofort nach Einlage in Wasser. Durch die Untersuchungen des Verfassers[2]) ist es wahrscheinlich geworden, daß das Grundwasser Material für derartige Verkittungen abgibt.

d) Manganeisenstein in knolliger aber auch schichtiger Ausbildung, ähnlich dem Raseneisenstein, ist neuerdings mehrfach beschrieben worden. Es handelt sich dabei um ältere und rezente Ablagerungen, die mit Ortstein gemeinsam die schichtige Ablagerung haben können, denen aber humose Stoffe fast ganz fehlen. Der Mangangehalt schwankt zwischen 2,5—27 % $MnO_2$, vgl. Ramann, Jahrb. d. Pr. Landesanstalt 1885, Anhang S. 151. Vogt, Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1906, S. 223. Eine weitere Arbeit von Gleißner „Ueber Bodenverkittung d. Mangan bzw. Kalk" erscheint demnächst als Inaug.-Diss. Karlsruhe 1913.

1) Molisch, Die Eisenbakterien, Jena 1910.

2) Helbig, Ueber Ortstein und ortsteinähnliche Ablagerungen. Verhandlungen der Ges. Deutscher Naturforscher und Aerzte, Karlsruhe 1911, S. 287.



53. E. Humose Stoffe sind farblose, braun bis schwarz gefärbte Stoffe, colloidaler[1] Art, die den organischen Beimengungen des Bodens entstammen, sauren und neutralen Charakters („Humate"), im allg. noch wenig erforscht; sie lösen sich etwas in Wasser und scheiden sich durch chemisch-physikalische Prozesse daraus ab. Besonders in den oberen Bodenschichten sind die humosen Stoffe reichlich vorhanden. In feiner Verteilung auf die Bodenkörner niedergeschlagen, bleiben sie dem Auge unbemerkt, treten aber durch Glühen bei Luftabschluß deutlich in Erscheinung[2].

a) Dopplerit nennt man eine homogene Abscheidung gelöster humoser Stoffe aus der Torfsubstanz der Moore. Sie findet sich dort in Nestern, Schmitzen und Adern, ist in frischem Zustande geschmeidig und elastisch wie Kautschuk, abgetrocknet findet Zerfall zu kleinen, harten, glänzenden eckigen Bruchstücken statt (vgl. Früh, Ueber Torf und Dopplerit. Zürich 1883).

b) Orterde, Ortstein sind im wesentlichen durch humose Stoffe verkittete Bodenaggregate. Im allgemeinen vollzieht sich die Ortsteinbildung unter Trockentorfablagerungen, welche absorptiv ungesättigte humose Stoffe abgeben, die von Regen und Schneewasser in den unterliegenden Mineralboden gespült, denselben auslaugen und sich in tieferen Bodenschichten niederschlagen. Die 10—50 cm starke ausgelaugte Schicht nennt man Bleichsand, die verkittete darunterliegende Orterde bei geringer, Ortstein bei bankartiger Verfestigung.

Orterde und Ortstein folgen etwa in parallelem Abstande von 30—100 cm der Oberflächenausformung und hemmen je nach Stärke der Verkittung Wasser- und Luftzirkulation und die Verbreitung der Pflanzenwurzel. Die Entstehungsmöglichkeiten sind mannigfache und noch nicht voll geklärt. Durchschnittsanalysen vgl. Helbig, Ueber Ortstein im Gebiete des Granites. Naturwiss. Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft 1909. S. 6.

Aeltere Literatur vergl.: Emeis, Waldbaul. Forschungen. Berlin 1876 und Die Ursachen der Ortsteinbildung und ihr Einfluß auf die Landeskultur Schleswig-Holsteins. Allg. Forst- und Jagdzeitung, 1908, S. 1. P. E. Müller, Studien ü. d. nat. Humusformen. Berlin 1887. Ramann, Ueber Bildung und Kultur des Ortsteins. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1886, S. 14. Literatur über neuere Arbeiten von: Albert, Helbig, Graf zu Leiningen, Lemcke, Mayer, Münst, Saueru. A. s. Graf zu Leiningen, Bleichsand und Ortstein. Abhandlungen d. Naturhist. Gesellsch. Nürnberg 1911.

c) Schwarzerde (russ. Tschernosiom) bildet sich durch Abscheidung fein verteilter Humusstoffe in Löß- und Sandböden besonders abflußloser Steppengebiete. Die Zersetzung der organischen Massen unterbleibt hier wegen Mangel an Luft und Feuchtigkeit. Lit. s. S. 222.

§ 54. F. Phosphate. Absonderungen von phosphorsauren Salzen in schaligen Krusten, nierigen Kugeln und in Knollen finden sich häufig in Gesteinen. Sie stammen wahrscheinlich aus organischen Resten (Koprolithen). Organischen Ursprungs sind auch Vivianit (Blaueisenerz), was als phosphorsaures Eisenoxydul in Torfmooren, im Raseneisenstein, in tonigen Sanden etc. angetroffen wird. (Von Eisenoxydphosphat lösen sich nach Pierre[3]) in 10 000 Teilen kohlensäurehaltigen Wassers 0,8, von Eisenoxydulphosphat 10 Teile.)

§ 55. G. Chloride.

Ueber Salzausblühungen in nordd. Mooren wurde neuerdings berichtet (s. Hoehnel, Monatshefte d. Deutsch. Geol. Ges. 1910, S. 260). Da die Chloride

1) S. „Kolloide", S. 227.
2) S. Helbig, Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtsch. 1909, S. 81.
3) Pierre, s. Liebig und Koppe, Jahresber. Chem. für 1852, S. 795.



wasserlöslich sind, können sie sich in unserem Klima natürlich nicht lange halten, und werden bald verwaschen. Absätze von Chloriden früherer geolog. Zeiten sind die Kalilager, die durch undurchlässige Bodenschichten gegen Auslaugung geschützt sind (vgl. 290).

II. Die „ungelösten" Verwitterungsprodukte sind Zwischenprodukte, die zeitlich ungelöst, bei fortgesetzter Einwirkung der Verwitterungsagentien weiterhin dem Zerfall in feinere Aggregate ausgesetzt sind. Die zum Pflanzentragen geeignete Deckschicht der Erdkruste — „der Boden" — besteht wesentlich aus solchen in Verwitterung begriffenen, ungelösten Trümmern, die man nach ihren physikalischen Eigenschaften in Stein-, Sand-, Lehm-, Ton-, Humusböden einteilt (vgl. S. 257).

## V. Kapitel.

## Der Transport der Verwitterungsprodukte.

Literatur: Penck, Morphologie d. Erdoberfläche. Stuttgart 1894. (Erschienen in Biblioth. Geogr. Handbücher, herausgegeben von Ratzel.)

§ 56. Allgemeines.

Die bei der Verwitterung der Gesteine entstehenden Produkte können am Entstehungsorte verbleiben und sogenannte Primitiv- oder Verwitterungsböden bilden, sie können aber auch transportiert und auf anderem Grunde aufgelagert werden. Dadurch entstehen Derivat- oder Schwemmböden.

Die Umlagerung ist möglich durch: trockenen Abtrag, durch eigene Schwere, aber auch durch die Kraft des fließenden Wassers, des Eises und des Windes[1]).

§ 57. A. Der trockene Abtrag findet hauptsächlich im Gebirge statt, wo Steillagen der Schwere des verwitterten, abbröckelnden Gesteinsmaterials wenig Widerstand entgegensetzen. So sind im Hochgebirge, wo Steillage häufig und die Verwitterung intensiv ist, die Felsen am Fuße oft mit großen Massen Schutt umkleidet.

Durch Anhäufung an einem Punkte, einer Steilwand oder an einem Talabhange entstehen so die Schuttkegel.

Häuft sich der Schutt nicht an einer Stelle, sondern in längerer Linie am Fuße eines Gehänges, spricht man von Schutthalden.

Der Böschungswinkel der Schuttanhäufungen schwankt im allgemeinen zwischen 20 und 30° und ist nach Material verschieden. Wo eine Ansammlung möglich ist, wird die Schuttmasse allmählich nach der Höhe zu anwachsen und kann schließlich das noch anstehende feste Material bis zum Gipfel einhüllen.

Durch Abrutschung entstehen Steinlawinen, Steinmuren und Bergschlipfe, deren Absinken durch Wolkenbrüche und Erdbeben besonders begünstigt wird (vgl. Heim, Ueber Bergstürze. Neujahrsbl. naturf. Gesellsch. Zürich 1882; Neumayr, Ueber Bergstürze, Zeitschr. d. Deutschen u. Oesterr. Alpenvereins, Bd. XX, 1899, S. 19; Kreuter, Verbauung d. Wildbäche im Handb. d. Jngen. Wissenschaften, IV. Aufl., Leipzig 1909, Bd. VI, S. 271).

§ 58. B. Der Abtrag durch Wasser ist heute in unseren Breiten der bedeutendste Faktor für den Transport des verwitterten Gesteinsmaterials; in der

1) „Alle Verfrachtungen losen Materiales, welche mit Hilfe eines bestimmten Transportmittels geschehen" (Wind, Wasser, Gletschereis), nennt Penck, loc. zit. 244 „Massentransporte".



Diluvialzeit war es vielleicht das Eis. Die Tätigkeit des Wassers ist eine doppelte, eine abtragende und eine auflagernde. Das verwitterte Gesteinsmaterial wird also von einem Ort zum andern transportiert und kann, abgelagert, durch physikalische und chemische Prozesse (Diagenese) Umänderungen erleiden (vgl. Andrée, Die Diagenese d. Sedimente, Geolog. Rundschau, Bd. II, 61, Leipzig 1911).

Das fließende Wasser entstammt dem Wasserdampf der Atmosphäre, der sich niederschlägt, sammelt und der Tiefe zufließt.

Wasserrinnen die zeitweise trocken liegen, nennt man i. allg. Bäche, ständig fließende dagegen Flüsse.

Bei durchlässigen Flußsohlen ist bei normalen Verhältnissen der Wasserstand eines Flusses etwa gleich der Grundwasserhöhe des benachbarten Geländes. Umgekehrt kann der normale Abfluß auf undurchlässiger Sohle auch oberhalb des Grundwasserniveaus der benachbarten Gelände stattfinden.

Wassermenge und Gefälle sind die wesentlichsten Faktoren für die lebendige Kraft des Wassers.

Die Wasserführung des gleichen Wasserlaufs ist nie konstant, das Gefälle vermindert sich vom Ursprung nach der Mündung zu, während die Wassermassen auf dem gleichen Wege im allgemeinen zunehmen. Hochwasser steigert die Kraft des fließenden Wassers, eine geschlossene Eisdecke verkürzt sie; Treibeis und mitgeführtes Material können Katastrophen im Gefolge haben.

Die Mengen des transportierten Materials, die natürlich auch von dessen Widerstandsfähigkeit an sich abhängen, steigen und fallen nach vorliegenden Untersuchungen mit der Wassermasse, sie sind alse im Sommer größer als im Winter. Im Winter führen aber die Flüsse relativ mehr gelöstes Material.

Tägliche Messungen, die sich auf ein Jahr[1]) erstrecken, liegen nach Supan[2]) nur für das Gebiet der Rhone von E. Uetrecht[3]) vor.

Messungen an der Rhone bei Pont-du-Scex, 6 km oberhalb des Genfer Sees ergeben danach:

| | | Winterhalbjahr | Sommerhalbjahr | Jahr |
|---|---|---|---|---|
| Absolute Zahlen. | | | | |
| Wassermenge, Mill. cbm | | 678 | 5375 | 6053 |
| Gelöstes Material | in Mill. kg | 210 | 735 | 945 |
| Suspendiertes Material | in Mill. kg | 34 | 3060 | 3094 |
| Gesamtmaterial | in Mill. kg | 244 | 3795 | 4039 |
| Relativzahlen. | | | | |
| Wassermenge, cbm pro Sec. | | 48 | 340 | 192 |
| Gelöstes Material | g pro Liter | 0,312 | 0,137 | 0,156 |
| Suspendiertes Material | g pro Liter | 0,051 | 0,569 | 0,511 |
| Gesamtmaterial | g pro Liter | 0,363 | 0,706 | 0,667 |

„Das Endergebnis ist ein Abtrag von 0,29 mm im Jahr im oberen Rhonegebiet."

Entsprechend der wirkenden Kraft sind auch die Leistungen; Belege dafür zeigen die Wildbäche[4]) nach Hochwasser und die Trümmerfelder nach Ueber-

1) Chronologische Folgerungen über die nach Millionen von Jahren mögliche Zerstörung durch Abtrag haben für den Laien zwar Imponierendes, für den Kenner sind sie belanglos.

2) Supan, Grundzüge d. physischen Erdkunde. V. Aufl. Leipzig 1911, S. 513.

3) E. Uetrecht, Die Ablation der Rhone in ihrem Walliser Einzugsgebiet im Jahre 1904—1905, Bern 1906; mitgeteilt bei Supan, Lit. wie vorstehend.

4) Infolge starken Regenfalls verwandeln sich die Wildbäche häufig in Schlamm- und Schuttströme (sog. Muren), die große Gebiete überschütten können. So wurden 1874/75 bei Ried im Oberinntal 320 000 cbm Schutt und Geröll angeschlemmt. (Ueber Wildbachverbauung s. Bd. 2, S. 292, vergl. a, S. 217.)

schwemmungen. Blöcke und grobe Bruchstücke gelangen nur selten in die Ebene; Gerölle, Sande und abschlämmbare Teile werden am weitesten durch den Fluß getragen, erhöhen wandernd die Flußsohle, bilden Sandbänke, werden durch gegenseitige Reibung und lokale Einflüsse schließlich weiterhin zermürbt, vom Wasser neuerdings verfrachtet, wieder abgelagert von neuem angegriffen bis sie mehr oder weniger in feinste Teile zerfallen, die schließlich wasserlöslich werden.

An den Mündungen der Flüsse ins Meer wird das Wasser meist gestaut, das mitgeführte Material erfährt dadurch eine beschleunigte Absetzung. Dadurch kann nach und nach die Mündungsstelle seewärts verschoben werden (Poo, Nil, Mississippi), besonders wenn die Bewegung des Meeres nur unbedeutend ist. Auf diese Weise sind z. B. die Marschen der Weser und Elbe entstanden. Sind die „Gezeiten" d. h. die Ebbe- und Flutbewegung jedoch stark, wird der Flußschlamm ins Meer hinausgeführt.

Die Flußmarschen oder Aueböden sind durch Absatz von Schlick (tonige, humose Stoffe ausufernder Wasserläufe) entstanden und gewöhnlich sehr fruchtbar. Nicht alle Bäche und Flüßchen enden übrigens in größeren Flüssen oder Wasserbecken. Man kennt besonders in Kalkgebieten Wasserläufe die ganz oder teilweise im Boden verschwinden; so viele Rinnsale im Karst, die Donau bei Tuttlingen, die Rhone bei Bellegarde u. a. Dabei findet natürlich ebenso Abtrag und Transport statt.

Auch die Tätigkeit des Meeres ist mehr eine zerstörende als aufbauende. Die Meeresküste ist fortgesetzt in Bewegung, hier werden durch die Brandung Teile abgerissen (abradiert), dort durch Anschwemmung neue angelagert.

Für die Gewalt der Meereswoge an sich gelten bekannte Gesetze; Wind, Steillage und weicheres Gesteinsmaterial erhöhen die Wirkung. Bei einem Oststurm im Dezember 1872 wurde im Hafen von Wick (Schottland) z. B. ein Felsstück mit seinen Fundamenten von zusammen 1370 Tonnen 10—15 m weit transportiert. Der Leuchtturm von Bell Rock steht unter einem Brandungsdruck von 14 700, jener von Skerryvore unter einem solchen von 29 700 kg pro Quadratmeter. An der englischen Westküste sollen in geschichtlicher Zeit durch die Brandung verloren haben: Cornwall 588, Nordwales 236 und Cheshire 122 qkm, an der Ostküste: Kent 49, Suffolk 116 qkm. Von Flachküsten gibt Holland im Zuidersee ein gutes Beispiel; man schätzt dort den Landverlust seit Cäsars Zeit auf 5 813 qkm, wovon bisher 3 635 qkm durch Eindeichung wieder gewonnen worden sind.

Eine marine Neulandbildung findet man z. B. an der friesischen Küste, wo durch fortgesetzte Auflagerung das „Watt" sich nach und nach aufhöht. Eine Vegetation fördert die Schlammansammlung und Bodenverfestigung bedeutend, nach und nach kann der Boden als Weide (Kelter) und nach der Eindeichung als Ackerboden (Polder) benutzt werden. Aehnliche Verhältnisse finden sich auch an der Ostseeküste.

Wo auf Landoberflächen lose Massen durch die Stoßkraft des Wassers in Bewegung gesetzt werden, spricht man von Abspülung.

Herabrieselnde Regengüsse und Schmelzwässer nehmen besonders an Hängen kleine Teilchen auf und führen sie talwärts. Gröbere Partikel werden unterspült und gelangen schließlich dadurch in Bewegung. So sind durch Abspülung der feinerdigen Bestandteile manche Bergspitzen bloßgelegt, manche Felsenmeere, ferner die Erdpyramiden, Schratten-, Karrenfelder, Dolinen etc. herausmodelliert worden; der gleiche Granit kann am Hang durch Abspülung der feinerdigen Bestandteile einen

Sandboden liefern der talwärts darunter in einen Lehmboden übergeht. Jeder frische Bodeneinschnitt zeigt nach Regenfällen die Erscheinung der Abspülung.

Winddruck verstärkt die Kraft des fallenden Regentropfens, eine Bodendecke hemmt dieselbe.

Eingehende Versuche Wollnys[1]) ergaben:

1. daß die von geneigten Flächen abgeschlämmten Erdmengen mit dem Neigungswinkel wachsen;

2. daß die Abschlämmung des Bodens von Hängen durch das Vorhandensein einer dichten Pflanzendecke (Gras) auf ein Minimum reduziert wird;

3. daß von der Sandfläche größere Mengen von festen Bestandteilen abgeführt werden als dort, wo der Boden unter sonst gleichen Verhältnissen aus Lehm und Kalksand bestand —;

4. daß bei verschiedener Lage der Hänge gegen die Himmelsrichtung die Ostseiten[2]) im stärksten Maße der Abschlämmung unterliegen, dann folgen in absteigender Reihe die südlich, hierauf die nördlich exponierten Abdachungen, während von den westlich geneigten Flächen die geringsten Erdmengen abgeschlämmt werden. Berasung, Bewaldung schützen wirksam gegen Abspülung.

Als Durchschlämmen des Bodens bezeichnet Wollny (loc. zit. 201) das Hinunterschlämmen feiner Bodenpartikel und deren Ablagerung in tieferen Lagen durch abwärtsfließendes Wasser, während Ramann[3]) noch eine Weiterverfrachtung durch Quellwässer in den Begriff einschließt.

Eine Durchschlämmung kann in der mechanischen Zusammensetzung eines Bodens weitgehende Aenderungen hervorrufen. Die Sickerwasser führen die an der Oberfläche durch intensivere Verwitterung immer neu entstehenden feinkörnigen Materialien in tiefere Schichten, wo sie sich anlagern und eine Bodenverdichtung hervorrufen können. Verrottende Pflanzenwurzeln, Wurm-, Insektengänge etc. befördern die Abfuhr.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß in früheren geologischen Epochen und heute noch fortdauernd mittelst Durchschlämmung feinerdigen Materials organischer und anorganischer Herkunft eine Reihe Bodendifferenzierungen entstanden sind, für die man bisher keine rechte Entstehungsweise kannte. Auch die ersten Stadien der Ortsteinbildung hat wohl zuerst Verfasser[4]) mit dem Einsetzen einer Verwaschung der feinerdigen Bestandteile gekennzeichnet. Bodenverdichtungen nach ständiger Streuentnahme, die Pflug- und Grundwassersohlen etc. verdanken ihre Entstehung zum guten Teil der Durchschlämmung.

Wo der Wasserdruck hoch, der Boden locker und die eindringenden Teilchen nicht genügend Widerstand finden, kann ein Durchschlämmen bis in große Tiefen erfolgen. So besteht, was im Schwarzwald als „Zementboden" bezeichnet wird,

1) Wollny, Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik. Heidelberg 1895, Bd. 18, S. 195.

2) Wollny (loc. zit.) führt dies befremdliche Resultat u. a. darauf zurück, daß sich Nord- und Westhänge feuchter als Ost- und Südhänge halten, das Erdreich dadurch fester haftet, daß das einwirkende Wasser dann mehr Widerstand findet und eine verstärkte Bodenverdichtung bei vorherrschenden Regen aus westlicher Himmelsrichtung die Abschwemmung bei westlicher Abdachung hinderte.

3) Ramann, Bodenkunde, III. Aufl., Berlin 1911, S. 114.

4) Helbig, Zur Entstehung des Ortsteins. Naturwiss. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtschaft, 7. Jahrgang 1909, S. 82.



aus einer Verdichtung des Bodens durch durchgeschlämmte Teile und deren Ablagerung über dem Grundgestein.

Experimentelles und Literatur vgl. Wollny, Forschungen d. d. Geb. d. Agrikulturphys. Bd. 18, Heidelberg 1895, S. 201 und Ramann, Bodenkunde, III. Aufl., Berlin 1911, S. 114.

§ 59. C. Der Abtrag durch Eis ist heute noch in vergletscherten Gebieten relativ bedeutend, in früheren geologischen Epochen war er entsprechend der Vergletscherung viel umfangreicher.

Die Frage, ob Gletscher erodieren, Täler und Becken aus dem Gestein ausnagen können, ist noch umstritten. Sicher arbeiten sie anders als fließendes Wasser, ihre Bewegung ist etwa 100 000 mal langsamer, sie drücken die unterliegende Gesteinsmasse, scheuern, glätten und schrammen sie (Gletscherschliffe). Bewegliche Massen werden weggeführt und häufen sich besonders, wo die Abschmelzung stark ist als „Endmoräne". Der Gletscherbach führt von dort aus das feinkörnige Material (Glazialton) talwärts, wodurch die auffällige Trübung des Wassers zu erklären ist.

Die mitgeführten Mengen wechseln; nach den Untersuchungen von Duparc[1]) in der Montblancgruppe betrug der Schlammgehalt des Abflusses vom:

| | 1890 | 1891 | |
|---|---|---|---|
| Tourgletscher | 243 g | 31 g | pro cbm |
| Argentièregletscher | 535 „ | 139 „ | |
| Mer de Glace | 483 „ | 452 „ | |
| Bossonsgletscher | 2287 „ | 328 „ | |
| Mittel | 887 g | 237 g. | |

(Lit. s. Supan, Grundzüge der phys. Erdkunde, V. Aufl. Leipzig 1911, S. 563.) Ueber Gletscher als geologische Erscheinung vgl. die Lehrbücher der Geologie.

§ 60. D. Der Abtrag durch Wind und die folgende Ablagerung der transportierten Produkte wird zum Unterschied gegen die gleiche Tätigkeit des fließenden Wassers als äolisch oder als subaërisch bezeichnet. Schon leichte Windstöße bewirken ein Aufwirbeln des Staubes, stärkere vermögen Sandkörner zu bewegen, Orkane schleudern bis faustgroße Stücke.

Wasser transportiert im allgemeinen abwärts, Wind nach allen Richtungen; Wasser wirkt mehr linear, schafft Rinnen beim Abtrag, Wind hebt mehr flächenweise ab.

Die Windstärke wächst mit der Höhe über dem Meeresspiegel, besonders anschauliche Bilder der Windwirkung geben die Wüsten (vgl. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, Berlin 1900).

Erinnert sei hier aber an den großen Staubfall, der in der Zeit vom 9.—12. März 1901 Nordafrika, Süd- und Mitteleuropa betraf und der schätzungsweise in Italien 1 314 000, in Oesterreich-Ungarn 375 000, in Norddeutschland und Dänemark 92 700 Tonnen Staub zurückließ.

Die vulkanischen Aschen, die Dünen-, Löß- und Flugsandgebiete sind weiterhin Zeugen für die transportierende Tätigkeit des Windes. Sind die Dünen nackt,

1) Duparc, Variations dans la quantité d'alluvion charriée dans les torrents glaciaires. Arch. Sc. phys. et nat. (3.) XXVI. 1891, p. 531, zit. nach Penck, Morphologie d. Erdoberfläche. I. Teil. Stuttgart 1894, S. 402 in Ratzel, Bibliothek geographischer Handbücher.



so rücken sie durchschnittlich jährlich 10—20 m landeinwärts vor, können Kulturland verschütten und ein Sandmeer bilden; die Geschichte jedes Dorfes auf der kurischen Nehrung steht im Zusammenhang mit der Wanderung von Dünen.

Je leichter das Material ist, um so weiter kann es verfrachtet werden. Windgeschwindigkeiten von 12 m p. sec. treiben Sandkörner von einem Durchmesser bis zu 1,5 mm, solche von 4—6 m treiben noch Sandkörner von 0,25 mm.

Eine Bodendecke, besonders aus lebenden Pflanzen (Wald) bestehend, bricht die Kraft des Windes und verhindert, daß Bodenteile durch Wind abgehoben werden.

Wo in einem Gebiete die Scholle flüchtig ward, ist eine nachträgliche Bindung und Kultur des Bodens mit wirtschaftlichen Mitteln schwierig. Gewöhnlich sind es von vornherein arme Sande, die dem Wind zum Opfer fallen. Die feinerdigeren, im allgemeinen nährstoffreicheren Anteile werden dabei weggeführt, grobkörnigere, bindungslosere, nährstoffärmere Bodenteile bleiben zurück.

Auch die Festlegung des Flugsandes und gleichermaßen jene des Dünensandes ist im allgemeinen nur unter großen Geldopfern durchzuführen, im Interesse der Landeskultur aber nötig.

(Vgl. Gerhardt, Handbuch des deutschen Dünenbaues, Berlin 1900. Burckhardt, Zur Kultur des Flugsandes. Aus dem Walde 1877, S. 167. Wessely, Flugsand und seine Kultur, Wien 1873. Lehnpfuhl, Dünenwanderung und Dünenwald. Mündener forstl. Hefte 1892, S. 53. Jentsch, Dünenbefestigung und Aufforstung im südwestl. Frankreich, Forstwiss. Zentr.-Bl. 1907, S. 10, 77. Gräbner, Handbuch der Heidekultur, Leipzig 1904.)

Vom Wind als Staub transportiert und in größeren Mengen lokal niedergeschlagen bildet

### Der Löß

(vgl. S. 259) im Rhein-, Donau-, Rhonegebiet im nördlichen Böhmen, Galizien, der Bukowina und Ukraine in Europa große, 30—60 m mächtige Ablagerungen. In Nordchina deckt er, bis 600 m mächtig und fast ununterbrochen, ein Areal von 10 000 Quadratmeilen; unter dem Namen Adobe kennt man ihn in der nordamerikanischen Prärie etc.

Die Frage, ob alle Bodenarten, die man mit dem Namen Löß bezeichnet, äolischen Ursprungs sind, ist noch strittig.

Für Nordchina ist die Frage durch Futterers[1]) Beobachtung entschieden, welcher fand, daß nur die Südhänge der westöstlich streichenden Täler Löß tragen, weil der N.-W.-Wind Wüsten passiert, der S.-O.-Wind nicht.

Für deutsche und amerikanische Löße nehmen manche Geologen an, daß es sich dabei um wässrige Niederschläge handle, zumal man im Löß von St. Joseph Flußmollusken nachweisen konnte.

Auch für die Schwarzerden Rußlands und Indiens nimmt v. Richthofen[2]) äolischen Ursprung an, Dokutschajew[3]) hält dagegen die russische Schwarzerde für elluvial, durch Verwitterung des unterlagernden Muttergesteins entstanden. (Vgl. auch P. Kossowitsch, Die Schwarzerde. Intern. Mitt. f. Bodenkunde, Berlin 1912, Bd. I, S. 199.)

1) Futterer, Durch Asien. Berlin 1905, Bd. I, S. 430.
2) v. Richthofen, China I, 1877, S. 56.
3) Dokutschajew, Der russ. Tschernosiom. Petersburg 1883.



## Zweiter Abschnitt.

Im vorhergehenden Abschnitt war die Entstehung des Bodens durch Verwitterung der Erdkruste behandelt. Der nun folgende betrifft:

Die Eigenschaften des Bodens. Von denselben sind hier hauptsächlich diejenigen darzustellen, die für den Boden als Träger der Waldflora wichtig sind.

Die herkömmliche Einteilung in

a) chemische } Eigenschaften
b) physikalische }

soll festgehalten werden, obwohl eine scharfe Begrenzung nicht möglich ist.

## I. Kapitel.

### Die chemischen Bodeneigenschaften.

§ 61. Allgemeines. Der Boden ist in chemischer Hinsicht natürlich zunächst von den Mineralien und Gesteinen abhängig, aus denen er entstand (anorganisch, organisch) und den Verwitterungsvorgängen, denen er unterlag. Je stärker und länger dieselben einwirkten, je weniger das Material widerstand, um so größer sind die Unterschiede zwischen Muttergestein und Boden [1]). Stark verwitterte anorganische Bodenteile in feiner Verteilung nach der Zugehörigkeit zu erkennen, bedarf meist gut mineralogisch-mikroskopischer Schulung. Die Methoden finden sich bei: Steinriede, Anleitung zur mineralog. Bodenuntersuchung, Leipzig 1889. Doelter, Handbuch der Mineralchemie, Bd. I, Dresden und Leipzig 1912.

§ 62. A. Die anorganischen Bodenbestandteile bestehen hauptsächlich aus Silikaten, Karbonaten und deren Resten.

Die chemische Zusammensetzung der bodenbildenden Gesteine bietet für die Erkenntnis der chemischen Zusammensetzung der aus den Gesteinen hervorgehenden Böden nur lockeren Anhalt, weil Verwitterung, Transport usw. den Gehalt beeinflussen, man muß die Böden selbst analysieren.

Die chemische Analyse der Böden wird in verschiedener Art ausgeführt; je nach dem Zweck, den man dabei im Auge hat, ermittelt man sämtliche Anteile der Böden oder nur Teile davon.

Der Geognost wird meist eine Gesamtanalyse, der Agronom, der Forstmann eine „Nährstoffanalyse", der Bodenkundler beide nebeneinander brauchen [2]).

Wichtig ist für alle, da nur Teile des Bodens zur Analyse verwendet werden können, die Entnahme einer Durchschnittsprobe.

Eine für alle Fälle passende Vorschrift kann darüber nicht existieren, es muß der Sorgsamkeit des einzelnen überlassen bleiben, die Methode zur Gewinnung einwandfreien Materials von Fall zu Fall zu bestimmen. Der Laie tut gut, sich vorher von einem Sachverständigen beraten zu lassen, häufig ist die Kenntnis örtlicher Verhältnisse wichtig. Relativ einfach gestaltet sich die Entnahme, wenn es sich um kleine Flächen gleichmäßiger Beschaffenheit handelt. Nach Vereinbarung des Verbandes landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche [3]) geschieht

---

1) Böden, die durch Verwitterung noch gewisse Mengen Pflanzennährstoffe abgeben können, bezeichnet man als „nachschaffende" Böden, im Gegensatz dazu stehen „nicht nachschaffende" Böden, wie reine Quarzsandböden.

2) Vergl. Vater, Die Bodenanalyse und ihre Anwendung in der Forstwirtschaft. Tharandter, forstl. Jahrb. Bd. 58.

3) Landw. Versuchsstationen 1890, Bd. 38, 293.

die Aufnahme der Bodenproben je nach Größe (?) der Fläche an 3, 5, 9, 12 oder mehr verschiedenen, in gleicher Entfernung von einander gelegenen Stellen. Die Proben werden durch senkrechten, gleichtiefen Abstich bis zur Pflugtiefe entnommen, für etwaige Untersuchung des Untergrundes bis zu 60 bzw. 90 cm Tiefe. Die Einzelproben werden entweder getrennt untersucht, oder, wenn es sich um Feststellung eines Durchschnittswertes handelt, sorgfältig gemischt und von der Mischung eine geeignete Menge zur Untersuchung verwendet.

Die Entnahme der Bodenproben für forstliche Zwecke erfolgt nach der gleichen Methode. Zunächst wird die Bodenoberfläche von Pflanzen und zufälligen Auflagerungen gesäubert; handelt es sich um tiefere Schichten, wird man einen Einschlag machen lassen in Dimensionen, daß ein Mann darin arbeiten kann (1½ × ½ m); eine Seitenfläche wird glatt abgestochen und auch hier ein senkrechter, gleichtiefer Abstich (mit Spaten) entnommen, der erhaltene Boden auf einem (sauberen) Leinentuche gemischt und davon ca. 2—3 Kilo in bezeichnete Gläser oder Säcke gefüllt. Wurzelreste, gröbere Gesteine entfernt man vorher, letztere nach Bestimmung ihrer Art und Menge. Hat man mehrere Einschläge, mischt man zur Durchschnittsprobe das Gesamtmaterial und verpackt es in gleicher Menge und Art; eventuell kann man es auch nach Tiefenstufen (Schichten) getrennt zur Analyse verwerten; diese Maßnahme wird sogar nötig, wo der Boden keine einheitliche Zusammensetzung besitzt.

Zur Analyse verwendet man den Boden im lufttrockenem Zustande, der erreicht wird, wenn der Boden bei Zimmertemperatur (15° C) keinen Gewichtsverlust mehr erleidet [1]). Für agronomische Zwecke dient ferner nicht die ganze so erhaltene Bodenmasse zur Analyse, sondern nur die sogenannte Feinerde, das ist der Anteil, der beim Absieben durch 2 mm große Rundlöcher fällt. In der Feinerde sieht man den hauptsächlichsten Träger der Pflanzennährstoffe. Wieviel davon zeitlich für die Pflanzenwurzel verfügbar ist, sucht man durch Extraktion, meist mit verdünnten Säuren, zu erfahren. Die Unmöglichkeit ein Mittel aufzufinden, das sich in seiner lösenden Wirkung auf die Bodenteile entsprechend der Energie der Pflanzenwurzel verhält, hat die Empfehlung einer großen Zahl von Methoden zur Folge gehabt. Neuerdings hat man sich auf einen konventionellen Untersuchungsgang geeinigt: der lufttr. Boden (100—150 g) wird in geräumigen Kolben mit der doppelten Menge reiner Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,12 [2]), zwei Stunden unter häufigem Umschütteln auf ein kochendes Wasserbad gestellt, abgenommen, 24 Stunden stehen gelassen, die Lösung durch Filtration vom Rückstand getrennt und in der Lösung die einzelnen Stoffe bestimmt.

Da Kalk als Karbonat besonders die Vegetation günstig beeinflußt, stellt man den Gehalt daran häufig besonders fest.

Die Ermittelung des Humusgehaltes erfolgt durch Elementaranalyse, bei Gegenwart von Karbonaten nach vorherigem Eindampfen des Bodens mit Phosphorsäure. Reine, kalkfreie Sandböden glüht man gewöhnlich zu gleichem Zwecke und kürzt von dem so erhaltenen „Glühverlust" den „Wasseranteil", den man vorher durch Trocknen zwischen 105—110° bestimmt hat.

Gebundener Stickstoff wird ausgeschieden durch Zerstörung der organischen Substanz und Ueberführung des darin enthaltenen Stickstoffs in Ammoniak.

1) Neuerdings wird empfohlen, den Boden, seiner kolloidalen Eigenschaften wegen, für agronomische Zwecke im bodenfeuchten Zustande zu verwenden, da sich besonders bei Anwendung schwacher Extraktionsmittel bemerkenswerte Unterschiede im Gehalt ergaben.

2) Nach Ramann, Bodenkunde, III. Aufl., Berlin 1911 S. 268. König, Untersuchung landwirtsch. und gewerbl. wichtiger Stoffe, III. Aufl., Berlin 1906, S. 23 verwendet Salzsäure von 1,15 spez. Gewicht, kocht 1 Stunde etc.



Einzelheiten der Methoden findet man in Lehrbüchern über analytische Chemie. S. Dittrich, Gesteinsanalyse, Leipzig 1905. König, Untersuchung landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe. IV. Aufl. 1911. Wahnschaffe, Wissenschaftl. Bodenuntersuchung, II. Aufl., Berlin 1903 u. a.

Leider zeigen die Verfahren zur Darstellung des Bodenextraktes nicht die nötige Einheitlichkeit, so daß es jetzt noch nötig ist, sich bei Beurteilung der Analysenbefunde über die Methode zu befragen, nach der gearbeitet wurde; für forstliche Zwecke wird der oben angegebene Gang zumeist benutzt.

Er ist ein konventioneller auch darin, daß man nur die hauptsächlichsten Stoffe bestimmt und die in geringen Mengen vorkommenden — nicht immer mit Recht — vernachlässigt.

Die Darstellung der Analysenresultate erfolgt gewöhnlich durch einfaches Aufzählen der erhaltenen Mengen als Basisoxyde bzw. Säureanhydride in Gewichts-Prozenten der angewandten Substanz; s. Anm. S. 187. Instruktiver ist es für praktische Zwecke ohne Zweifel, den Ermittelungen nicht das absolute Gewicht des Bodens, sondern das Volumgewicht desselben unterzulegen, s. a. S. 237.

Die chemische Analyse gewährt für die Beurteilung der wirklich vorhandenen Nährstoffe nur geringe Sicherheit, diese Sicherheit wächst mit Zunahme der Nährstoffarmut (Sand, Moorboden), bleibt aber immerhin bedingt. Auch neuere Versuche den Boden mit schwachen Lösungsmitteln zu extrahieren, können daran nichts ändern. Das gleiche gilt von der Ermittelung gewisser physikalischer Zustände der Bodenteile, wie z. B. der Kolloidkomplexe, die zweifellos unsere Kenntnis vom Boden wesentlich bereichert haben; sonst aber sind sie nur ein Glied in der Kette, welche die Nährstoffvorräte des Bodens darstellt.

Für den praktischen Nutzen der Bodenanalyse sprechen auch nicht die verschiedenen Meinungen über die Bewertung ihrer Resultate. Dieselben sind von landwirtschaftlichen Chemikern recht verschieden verwandt worden, die Böden als reiche, gute, arme usw. zu klassifizieren. Der Unzulänglichkeit wegen hat man differenziert nach Bodenarten, Pflanzenarten usw. Als Werte für einen landwirtschaftlich genutzten Mittelboden geben [1])

| | Schulze | Wohltmann |
|---|---|---|
| Stickstoff | 0,1 % | 0,1 % |
| Phosphorsäure | 0,1 % | 0,1 % |
| Kali | 0,08 % | 0,1 % |
| Kalk | 0,25 % | 0,5 % Kalk u. Magnesia. |

Für forstliche Zwecke sind solche Angaben meines Wissens nur aus dem Kreise kaufmännischer Interessentengruppen aufgestellt worden, die natürlich noch weniger Beachtung verdienen.

## B. Die organischen Bodenbestandteile.

§ 63. Die Chemie der Humusstoffe oder der humosen Stoffe ist noch wenig fortgeschritten. Was man „Humusstoffe“ oder „humose Stoffe“ nennt, sind chemisch keine einheitlichen Körper, es sind Zersetzungsgemische mannigfacher Art, meist dunkel gefärbt. Sie enthalten dieselben Bestandteile, wie die Organismen, aus welchen sie entstanden sind, aber meist in einem anderen Mengeverhältnis. Im allgemeinen

1) Schulze, Wohltmann s. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. Heft 98, S. 48. Liebscher, Journ. f. Landwirtsch. 1895, S. 207 ff. Dyer, Chem. Zentralbl. 1901, Bd. 1, S. 818. Märcker, Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. Heft 17, S. 26. Wohltmann, Nährstoffkapital westdeutscher Böden. Bonn 1901. Bieler, Jahrb. d. Agrik.-Chemie 1896, S. 116 etc.

zeigt sich durch die Humifizierung eine Zunahme an Kohlenstoff und eine Abnahme an Sauerstoff und Wasserstoff.

Eichenholz ergab z. B. nach Will und Meyer[1])

| | gesund: | zersetzt: 1. hellbraun | 2. dunkelbraun |
|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | 50,6 % | 53,6 % | 56,2 % |
| Sauerstoff | 6,0 % | 5,2 % | 4,9 % |
| Wasserstoff u. Stickstoff | 43,4 % | 41,2 % | 38,9 % |

Neben dem Ausgangsmaterial ist die Art des Zersetzungsvorgangs, dem das erstere unterliegt, von wesentlicher Bedeutung für die chem. Beschaffenheit der Humusstoffe. Während bei genügend Luftzutritt (Verwesung) der Sauerstoff der Substanz sich größtenteils verflüchtigt und als typische Endprodukte der Umsetzung: Wasser, Kohlensäure, Ammoniak bzw. Salpetersäure und die Aschenbestandteile auftreten, mindert sich absolut bei ungenügender Luftzufuhr (Fäulnis) die Gasproduktion; neben Kohlensäure entstehen als spezifische Fäulnisprodukte Sumpfgas (Methan), Phosphor- und Schwefelwasserstoff, Stickstoff, Stickoxyde und Wasserstoff.

Daneben konstatierte man, je nach den Verhältnissen, eine Reihe stickstofffreier und stickstoffhaltiger Körper: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Propionsäure, Valeriansäure, Leucin, Indol, Skatol, primäre Amine, Amidosäuren, Pentosane, Wachse, Harze, Fette usw.[2]). Die saure Reaktion der Humusböden beruht zum guten Teil auf dem Vorhandensein solcher bei der Fäulnis entstehender Substanzen.

Den Humusstoffen mischen sich auch die Produkte bei, welche vor und nach dem Tode der Humuszersetzer, Bakterien, Pilze, Würmer, Insekten etc. entstehen, soweit sie nicht gasförmig entweichen.

Eine Einteilung der Humusstoffe nach Wollny[3]) in

1. solche, welche in alkalischen Flüssigkeiten unlöslich sind und allmählich in Humussäuren übergehen: Humusstoffe;

2. solche, welche sich in Alkalien leicht auflösen und aus diesen Lösungen durch stärkere Mineralsäuren ausgefällt werden, sogenannte Humussäuren, läßt sich nach dem heutigen Stande der Wissenschaft nicht mehr aufrecht erhalten. Die Frage, ob es spezifische „Humussäuren" gibt, ist heute noch umstritten[4]). Davon ausgehend, daß die Humusstoffe Gemische und keine einheitlichen Körper sind, versucht man durch Auflösung der Gemenge in seine Komponenten das, was man bisher noch mit dem Sammelnamen „Humus", „Humus-" und „humose Stoffe" nennt, chemisch zu charakterisieren.

1) Will und Meyer, Archiv f. Pharmazie, II. Reihe, Bd. 70, S. 273. Pharm. Zentralbl. 1852, S. 522.

2) Eine große Anzahl weiterer saurer und neutraler, kohlenstoff-, wasserstoff-, sauerstoff- und stickstoffhaltiger Produkte sind von Schreiner und Shorey (vergl. U. S. Departement of Agriculture, Washington, Bureau of Soils, Bullet. Nr. 74) neuerdings aus den org. Bodenbestandteilen isoliert worden.

3) Wollny, Die Zersetzung d. organ. Stoffe. Heidelberg 1897.

4) Vergl. Baumann und Gully, Untersuchungen über die Humussäuren. Mitt. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt, Heft 4, Stuttgart 1910, S. 31. Tacke, Süchting, Arnd und Dirks, Ueber Humussäuren. Landwirtsch. Jahrb. 1911, S. 717. Rindell, Ueber die chem. Natur d. Humussäuren. Intern. Mitt. f. Bodenkunde, Bd. 1, 1911, S. 67.



Auf den Arbeiten Mulders[1]) weiterbauend, hat wohl zuerst van Bemmelen[2]) die kolloidalen Eigenschaften der humosen Stoffe erkannt. „Kolloid" ist also weniger ein chemischer, als ein physikalischer Begriff. Vom „kolloidalen Zustand" sind aber auch manche chemische Eigenschaften des Bodens abhängig. Chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens finden hier ein Bindeglied, deshalb sei hier der Platz zur Besprechung für

## § 64. C. Die Kolloide

Literatur: Ostwald, Wolfg., Grundriß d. Kolloidchemie. Dresden 1909. Bredig, G., Anorgan. Fermente. Leipzig 1901. Ehrenberg, Mitt. d. landw. Inst. d. Univ. Breslau 1908, IV. Bd.

Es sind dies Stoffe, die im Gegensatz zu den Kristalloiden, wie Zucker, Salz usw., nicht oder kaum durch poröse Häute (Membranen) dringen oder diffundieren. Sie kristallisieren nicht, schlämmen sich mit Wasser z. T. stark auf und bilden damit sogenannte „kolloidale" Lösungen oder „Sole". Das sind keine echten Lösungen, sondern Suspensionen feinster, fester Stoffe in Flüssigkeiten (Wasser, Benzol, Alkohol, Glyzerin etc.). „Kolloide" sind im Gegensatz zu den Elektrolyten (d. h. Stoffen, die in wäßriger Lösung den elektr. Strom leiten) in wäßriger Lösung nicht dissoziiert und leiten daher den elektrischen Strom gar nicht oder nur schlecht. Treten Elektrolyte zu den Solen, so können die kolloidal gelösten Stoffe ausgeschieden werden (sogenannte „Gele"); auch Temperatur, Druckänderungen und Alter der Sole beeinflussen gleichsinnig. Eine Gel-bildung unterbleibt von vornherein dort, wo „Schutzkolloide" gegenwärtig sind, die das Sol vor Ausflockung schützen. Im Boden kommt besonders gewissen Humusstoffen diese Rolle zu, wodurch Sole (z. B. Eisenoxydhydrate in Moorwässern) lange Zeit in den Bodenwässern beweglich bleiben. Nicht alle abgeschiedenen Gele sind wieder auflösbar („reversibel"); zu den nur schwer wieder in Lösung gehenden („irreversiblen") gehören neben Eisenoxydhydrat, Tonerdehydrat und wasserhaltiger Kieselsäure auch manche Humusstoffe, während andere „reversibel" sind wie Organismenschleime, Tone, Bakterienmassen, Leim, Gummiarten etc., die also wieder in den kolloiden (Sol-)Zustand übergeführt werden können. Die von einander scharf abgegrenzten Teile des Sols nennt man seine Phasen. Die kolloiden Lösungen sind demnach mehrphasige, heterogene Gebilde, die kristalloiden, echten Lösungen sind einphasig homogen. Die Heterogenität kann mehr oder weniger deutlich erkennbar sein; „mikroheterogen" (G. Bredig) ist sie dort, wo sie nur bei starker Vergrößerung wahrnehmbar ist. Dasselbe bezeichnet „dispers heterogen". (Wolfg. Ostwald) „Dispersoide" ist nach von Weimarn und Wolfg. Ostwald überhaupt der allgem. Ausdruck für „disperse heterogene Systeme".

Die Phase, deren einzelne Teile sich sämtlich berühren, ist das „Dispersionsmittel", während die aus getrennten Teilen bestehende Phase die „disperse Phase" genannt wird. Bei manchen Kolloiden liegt ein anderer maschenartiger, badeschwammartiger Bau vor.

Kolloidale Lösungen zeigen nur geringen osmotischen Druck und geringe elektr. Leitfähigkeit; Siedepunkterhöhung und Gefrierpunkterniedrigung sind unbedeutend, die „disperse Phase" zeigt die eigentümlichen Bewegungen, die man als Brown'sche Molekularbewegung kennt und ist positiv oder negativ elektrisch geladen. (Positiv: Metallhydroxyde, Kieselsäure, basische Farbstoffe wie Methyl-

1) Mulder, Chemie der Ackerkrume. Berlin 1861.
2) van Bemmelen, Landw. Versuchsstationen 1888, Bd. 35, S. 69. Ders., Die Absorption. Gesammelte Abhandlungen über Kolloide. Dresden 1910.

violett, Methylenblau; negativ: alle Metalle, Metallsulfide, Stärke, Gummi, Mastix, Eosin, Anilinblau etc.)

Ueber die Natur des Kolloidzustandes herrscht noch keine einheitliche Anschauung. Nach den neuesten Forschungsergebnissen von P. P. von Weimarn[1]) kann prinzipiell jeder Körper in den Kolloidzustand übergeführt werden. Damit fiele der Unterschied zwischen Kristalloiden und kolloiden Körpern überhaupt, kolloid wäre dann ein Begriff ähnlich wie flüssig, fest, gasförmig, Kolloidchemie die Lehre vom kolloiden Zustand der Materie, darum aber nicht weniger wichtig. Man kann annehmen, daß Sole und Gele typische Produkte bei der Verwitterung anorganischer wie organischer Materialien sind. Traubig-stalaktitische, oolithische Ausbildung, muscheliger Bruch, seifige, gallertartige Beschaffenheit weist auf kolloidalen Ursprung hin. Durch die außerordentlich feine Verteilung, in der sich die festen Teilchen in den Solen befinden, kommt die Wirkung der Oberflächenenergie (s. u. Adsorption) stark zur Geltung. Da nach Untersuchungen von Zsigmondy[2]) und Siedentopf[2]) Flüssigkeiten, welche Teilchen von 20 $\mu\mu$ (1 $\mu\mu$ = 0,000 001 mm) schwebend enthalten, klar erscheinen und erst bei Größen von 100 $\mu\mu$ eine deutliche Trübung sichtbar wird, ist ein Anhalt gegeben, als Maß der Kolloidteilchen ein solches zwischen 20 und 100 $\mu\mu$ anzusehen. Ein Gramm kolloid gelöster Substanz bietet eine Oberfläche von ca. 100 qm. Je feiner die Kolloidteilchen sind, je ausgedehnter ist i. allg. ihre Oberfläche, und um so umfassender die Reaktionsfähigkeit.

„Frost, Hitze und Elektrolyte bewirken nach Czermak[3]) eine Verkleinerung der Bodenoberfläche durch Koagulation der Bodenkolloide."

Zur Bestimmung der Kolloide des Bodens sind verschiedene Methoden empfohlen worden, ein allgemein anerkanntes Verfahren gibt es z. Zt. noch nicht (s. König, Unters. landw. u. gewerbl. wichtiger Stoffe. IV. Aufl. Berlin 1911, S. 23; R. van Leeden u. F. Schneider, Ueber neuere Methoden d. Bodenanalyse u. d. Bestimmung d. Kolloidstoffe i. Boden. I. Mitt., Int. Mitteilg. f. Bodenkunde, Bd. II, 1912, S. 81.)

§ 65. D. Die Adsorption ist eine Oberflächenwirkung und besteht in der Verdichtung von Gasen und Flüssigkeiten in porösen Körpern und auf Oberflächen nicht poröser Körper. Die wesentliche Erscheinung, um die es sich bei der Adsorption handelt, ist, daß eine Lösung an ihrer Oberfläche eine andere Konzentration (im allgem. eine höhere) besitzt als im Innern. Die Stärke der Oberfläche mit der andern Konzentration ist äußerst gering, kleiner als $10^{-5}$ cm, kleiner also als ein zehntausendstel Millimeter. Die Anreicherung dieser Schichte bewirkt nun, daß das Gelöste sich an Oberflächen locker anheftet, adsorbiert wird. Auf diese Weise adsorbiert die Faser den Farbstoff, Kohle die Riechstoffe, tier. Haut Gerbstoffe, der Boden Bestandteile der Jauche, der Fäkalien, der Dungstoffe, der Bodenlösungen etc.

Die Aufnahmefähigkeit an adsorbierbaren Teilchen ist aber eine beschränkte, es tritt nach und nach eine Sättigung ein, wodurch gleichermaßen die Eigenschaften der Adsorptionskomplexe andere werden. Bei Kolloiden kommt es häufig dadurch zur Gelbildung, gesättigte kolloidale Humusstoffe verlieren dabei z. B. die Fähigkeit in kolloidale Lösung überzugehen. Es entsteht der „milde" Humus des Praktikers, dessen „Säure" neutralisiert ist, und der mit Ammoniaklösung keine dunklen Färbungen erzeugt, wie der ungesättigte sogenannte „saure Humus". Daß adsor-

1) P. P. von Weimarn, Kolloidzeitschrift 1908, Bd. III, S. 167.
2) S. Zsigmondy, Ueber Kolloidchemie. Leipzig 1907.
3) Czermak, Die landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. 76, 1912, S. 75.



bierte Teile im wechselseitigen Austausch mit dem Bodenwasser und dessen Bestandteilen stehen und deshalb durch gleiche Gesetzmäßigkeiten beeinflußt sind, wird nach den gemachten Darlegungen deutlich sein.

Für die Adsorption der Pflanzennährstoffe im Boden kommen besonders tonige und humose Stoffe in Betracht.

Dieselben adsorbieren ebenfalls Wasserdampf, Kohlensäure und Ammoniakgas aus der Luft der Atmosphäre und des Bodens.

Der Adsorption verwandt, schon früher von manchen Autoren gleichsinnig bezeichnet, ist

### § 66. E. Die Absorption,

bei der man annimmt „daß die Moleküle des absorbierten Stoffes und die Moleküle des absorbierenden Stoffes einander gegenseitig ganz durchdringen". Van Bemmelen, der beste Kenner dieser Dinge, sagte allerdings in seinem Werke [1]), daß zwischen Adsorption und Absorption ein langsamer Uebergang vorhanden wäre, daß es fraglich sei, ob man bei Gelen nicht Ad- und Absorption annehmen müsse. Er schreibt (S. 411): „In den Gelen bildet das Maschwerk ein Netz von Raumhöhlen oder Kanälen, welche Flüssigkeit einschließen; diese Flüssigkeit (oder Lösung) ist auf den Gewebewänden verdichtet — was also im obigen Sinne (s. S. 228) eine Adsorption darstellt. In den Gewebewänden selbst — und also in Räumen von viel geringerer Abmessung als die Hohlräume des Maschwerks — sind auch Flüssigkeitsmoleküle oder Mole zwischen den noch teilweise flüssigen Molen des Kolloids eingeschlossen. Stellen diese vielleicht schon eine Absorption dar oder wenigstens einen Uebergang dazu?"

Es geht hieraus hervor, daß eine scharfe Umgrenzung der Ad- und Absorption z. Zt. nicht möglich ist. Durch die Wirkung beider aber kommen chemische wie physikalische Reaktionen zustande, wie sie S. 179 ff. besprochen worden sind. Es findet also durch diese Kräfte ein wechselseitiger Austausch von Stoffen statt, manche werden gebunden, andere abgestoßen, beeinflußt durch Art, Menge und Verteilung der einwirkenden Stoffe, ferner durch Temperatur und Druck.

Im Boden sind es besonders wasserhaltige Silikate und Humus, die stark ad- und absorbierend wirken.

Im allgemeinen werden Phosphorsäure, Kalium und Ammonium stark, weniger Natrium und noch schwächer Calcium und Magnesium durch jene Kräfte gebunden, Schwefelsäure nur, soweit sie unlösliche Salze bilden kann, Chlor und Salpetersäure gar nicht. Das ist wichtig für die Düngung; Stoffe die stark festgehalten werden, sind weniger der Gefahr ausgesetzt, verwaschen zu werden.

Humusstoffe nehmen umso stärker Kalk auf, je weniger sie abgesättigt sind.

Aus gleichem Grunde erweist sich auch der gleiche Boden weniger „absorptionskräftig" nach der Düngung, als vor derselben; unfruchtbare Tonböden geben hohe „Absorptionskoëffizienten", Regengüsse können „absorptiv gebundene" Stoffe wegwaschen etc.: die Absorptionskraft des Bodens ist eine labile Größe, ihre Bestimmung hat nur bedingten Wert.

Man verfährt dabei derart, daß man den lufttrockenen Boden mit gewissen Mengen einer Lösung von bestimmtem Gehalt gewisse Zeit in Berührung läßt und dann feststellt, wieviel von dem in der Lösung vorhandenen Stoffe in der abfiltrierten Lösung noch verblieben ist. Der fehlende Anteil wird als vom Boden absorbiert

---

1) van Bemmelen, Die Absorption. Dresden 1910, S. 410—11.



angesehen. Die Menge des von 100 g lufttrockenen Bodens aufgenommenen Stoffes, in Milligrammen ausgedrückt, bezeichnet man als „Absorptionskoëffizient" des Bodens für den betreffenden Stoff.

Daß aus verdünnten Lösungen absolut weniger vom Boden absorbiert wird, als aus stärkeren, ist für die Pflanzenernährung von gewisser Wichtigkeit, weil dadurch eine zu starke Konzentration der Bodenlösungen verhindert werden kann, welche bekanntlich die Wurzeltätigkeit hemmt.

Andrerseits bilden Ad- und Absorption ein Gegengewicht gegen die Auswaschung von Nährstoffen. In gewissen Böden kann dagegen die Wirkung einer Düngung ausbleiben, weil der Boden zu kräftig absorbiert und die Stoffe fester bindet, als sie die Pflanzenwurzel zu lösen vermag. Man hilft sich dann durch verstärkte Zufuhr des Dungstoffes oder durch Beigabe von Kochsalz, Gips, Mergel, Kalk etc., welche als sogenannte indirekte Dünger, die absorbierten Nährstoffe verdrängen und durch wechselseitigen Austausch für die Pflanzenwurzel frei machen.

An Moorboden beobachtete Tacke[1]), daß durch Austrocknen Stickstoff und Phosphorsäure, ebenso Kali, Kalk und Magnesia beweglicher werden und Fleischer[2]) läßt dahingestellt, ob nicht auch „die vielfach beobachtete günstige Einwirkung starken Frostes auf die Fruchtbarkeit mancher Böden zu einem Teil durch Aufhebung der kolloidalen Adsorptionsvorgänge zu erklären ist".

## II. Kapitel.

### Die physikalischen Bodeneigenschaften.

Die wichtigste der physikalischen Eigenschaften eines Bodens ist

§ 67. A. Die Korngröße seiner festen Bestandteile. Die Erkenntnis, daß steinreiche und grobkörnige Böden geringere Erträge liefern als gleichartige feinkörnige, führte bald zu Methoden zur Bemessung der Korngröße und damit zur Ausbildung der mechanischen Bodenanalyse. Nach derselben bestimmt man die gröberen Bodenanteile durch Trennung mit Sieben verschiedener Lochweite, die feineren durch Schlämmen mit Wasser nach weiter unten skizzierten Verfahren.

Der Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen hat für die Ausführung der mechanischen Untersuchung des Bodens folgende (hier gekürzte) Vorschrift gegeben[3]): Die zu untersuchende Bodenprobe wird in möglichst frischem Zustande soweit zerkleinert, daß beim nachfolgenden Sieben auf einem 5 mm Rundlochsiebe nur Steine zurückbleiben, der Boden dann geschützt bis zur Lufttrockne aufbewahrt, gewogen und durch ein 5 mm Sieb die Steine (> 5 mm) abgeschieden. Die den letzteren anhängenden kleineren Erdteilchen werden durch Wasser abgeschlämmt und dem restierenden Boden zugefügt, die Steine dann im lufttrockenen Zustande gewogen und ihr Gewicht in Prozenten des Gesamtbodens ausgedrückt.

Von dem durch das 5 mm Sieb gefallenen Boden werden 50—100 g zur vollständigen Zerteilung mit ½ l Wasser gekocht und nach dem Erkalten durch ein 2 mm Sieb in einen Kühn'schen Schlämmzylinder gespült. (Der Kühn'sche Schlämmzylinder besteht aus einem Glasgefäß von 30 cm Höhe bei 8,5 cm lichter Weite. Er trägt 5 cm vom Boden einen verschließbaren Tubus von 1,5 cm Durchmesser.)

1) Tacke, IV. Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation, 1898.

2) Fleischer, s. Grundlehren d. Kulturtechnik, IV. Aufl., I. Bd., I. Teil. Berlin 1909, S. 167.

3) Die landw. Versuchsstationen Bd. 42, 1892, S. 154; Bd. 43, 1893, S. 335.



Der auf dem 2 mm Sieb zurückbleibende Boden wird über dem Zylinder sorgfältig abgespült, an der Luft getrocknet und durch Siebe mit entsprechenden Lochweiten weiterhin differenziert.

Zu dem im Schlämmzylinder befindlichen Boden unter 2 mm (= Feinerde) gibt man Wasser bis zur Marke, rührt 1 Minute mit einem Holzstabe gründlich um, läßt 10 Minuten stehen und entfernt durch Oeffnen des Tubus die feinen Bodenanteile, welche sich noch nicht abgesetzt haben, also „abschlämmbar" sind. Das wiederholt man solange bis keine abschlämmbaren Teilchen mehr bemerkbar sind, entfernt aus dem Zylinder den Rückstand des Bodens, trocknet, trennt ihn durch Siebe von 1 bzw. 0,5 und 0,2 mm Weite und erhält so das Gewicht der feineren absiebbaren Teile. Die Menge der abschlämmbaren Teile ergibt sich aus der Differenz zwischen dem ursprünglichen Gewichte des zur Untersuchung verwendeten steinfreien, lufttrockenen Bodens (50—100 g) und dem Gewicht von Kies und Sand.

Genaue Angaben über das Verfahren s. obige Literatur oder König, Die Untersuchung landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe. IV. Aufl., Berlin 1911. Wahnschaffe, Anleitung z. wissensch. Bodenuntersuchung, II. Aufl., Berlin 1903. S. a. Hazard, Landw. Jahrb. Bd. 29, 1900, S. 805 und Landw. Versuchsstationen 1904, Bd. 60, S. 449.

Man bezeichnet i. allg. die Bestandteile f. landwirtsch. Zwecke bei einer Körngröße:

| | | | |
|---|---|---|---|
| von über 5 | mm | als Steine (Grus, Kies) | |
| von 2—5 | „ | Grand | |
| „ 2—1 | „ | sehr grober Sand | Feinerde |
| „ 1—0,5 | „ | grober Sand | Feinerde |
| „ 0,5—0,2 | „ | mittelkörniger Sand | Feinerde |
| unter 0,2 | „ | feiner Sand | Feinerde |
| abschlämmbare Teile (sehr feiner Sand, Ton usw.) | | | Feinerde |

Nach dem Beschlusse des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten vom 3. Sept. 1908 ergeben sich folgende Benennungen:

| Körngröße: in mm | |
|---|---|
| über 20 | Steine, Geröll |
| von 2—20 | Grus, Kies (Grand) |
| „ 2—0,5 | grobkörniger Sand |
| „ 0,5—0,2 | mittelkörniger Sand |
| „ 0,2—0,05 | feinkörniger Sand. |

Auch sonst herrscht keine Einheitlichkeit über Trennungsmethoden und Bezeichnung der Korngrößen. Gewisse Apparate beruhen auf der Fallgeschwindigkeit der Bodenteile in ruhendem Wasser, andere trennen durch einen aufwärtssteigenden Wasserstrom etc. Unter letzteren ist der Apparat von Schöne in Laboratorien am meisten gebraucht; er wurde von Kopecký[1]) verbessert, Ramann[2]) bemerkt dazu, daß diese Ausführung „sowohl in bezug auf Sicherheit der Resultate wie Zeitersparnis sehr gerühmt wird". Ueber die Handhabung siehe obige Literaturangaben.

Nach Puchner[3]) stehen die nach den Methoden: Hilgard, Fadejeff, Williams, Kühn und Mayer erhaltenen abschlämmbaren Teile in keinem eine Gesetzmäßigkeit zeigenden Verhältnis.

1) Kopecký, Die Bodenuntersuchung. Prag 1901.
2) Ramann, Bodenkunde. III. Aufl. Berlin 1911.
3) Puchner, Die landw. Versuchsstationen. Bd. 56, 1902, S. 141.

Eine Methode, die mechanisch-chemisch den Gehalt an Sand, Ton, Humus und Kalk bestimmt und nach der noch gearbeitet wird, ist jene von Schlösing, siehe L. Grandeau, Handbuch d. agrikulturchemischen Analysen. Berlin 1879, S. 105 u. f.

Atterberg [1]) bemühte sich natürliche Grenzen zu finden; eingehende Untersuchungen ergaben, daß bei 2,0 mm „die Grenze zwischen den nicht wasserhaltenden und den schwach wasserhaltenden Sanden liegt“, bei 0,2 mm jene „für die trockenen und besser wasserhaltenden Sande“. Sandkörner unter 0,02 mm sind mit unbewaffneten Auge nicht unterscheidbar, man faßt sie gemeinhin als Ton auf, sie zeigen bereits kolloidale Eigenschaften. Körner feiner als 0,002 mm ($= 2\,\mu$) zeigen im Wasser die „Brownsche Molekularbewegung“, die den kolloidalen Substanzen eigentümlich ist; die Eigenschaften steiferer Tone setzen damit ein.

Auf eine im Anschluß an diese Daten empfohlene Terminologie kann hier nur hingewiesen werden.

Bedeutung hat die mechanische Bodenanalyse nach der physikalischen wie nach der chemischen Seite. Physikalisch, weil die Bestimmung der Korngröße einen Anhalt für die Oberflächengröße der Bodenpartikel gibt, chemisch, weil man fand, daß die gröberen Sande meist aus Quarz bestehen, während die feineren hauptsächlich verwitterte Mineralteile einschließen, welche für die Pflanzenernährung in Frage kommen.

Weiter schreibt Ramann (Bodenkunde, III. Aufl. 1911, S. 294): „Ein fruchtbarer Boden muß die feinsten Teile in einem bestimmten Verhältnis zueinander haben. Man kann annehmen, daß $^1/_5$—$^1/_3$ der abschlämmbaren Teile ohne Schaden aus kolloidem Ton bestehen kann; daß ein Verhältnis von 1 : 2—3 zwischen abschlämmbaren Teilen und Staub günstig ist, während engere Verhältnisse etwa 1 : 1 oder 1 zu kleiner als 1 den Boden bindig machen.“

Ueber Bedeutung und Bewertung der mechanischen Bodenanalyse ist neuerdings hin und wieder Stellung genommen worden; siehe Mitscherlich, Bodenkunde, Berlin 1905, S. 36; Fühlings, landw. Zeitung 1909, S. 181; ferner Eberhart, Fühlings landw. Zeitung 1909, S. 176; Karl Pfeiffer, Landw. Jahrbücher 1911, S. 1; Gruner, Verwitterungsböden des Elstergebirges. Berlin 1911, S. 16.

Daß man durch die Schlämmanalyse nicht genau gleiche Korngrößen erhält, ist bekannt, daher ist die Bezeichnung Bodenteile „gleichen hydraulichen Wertes“ exakter.

In der Regel zeigen die durch Wind transportierten Bodenkörner speziell Sande nach den Untersuchungen von Hübbe [2]) und Nessig [3]) i. allg. abgerundeter als jene, die vom Wasser bewegt wurden.

Die Art der Lagerung der einzelnen Bodenteile bezeichnet man als

## § 68. B. Struktur des Bodens.

Nach theoretischen Betrachtungen fand man, daß die lockerste Lagerung von Bodenkügelchen vorhanden ist, wenn man sich die letzteren gleichgroß und senkrecht zu einander gestellt denkt. Dann nimmt die feste Substanz 52,36 %, der lufterfüllte Zwischenraum oder das Hohlraumvolumen 47,64 % des Komplexes ein.

Die dichteste Lagerung findet dagegen dann statt, wenn zwischen 3 oder 4 Kugeln sich eine in das sich ergebende natürliche Intervall einschaltet. Das Hohlraumvolumen würde dann nur 25,95 % vom Gesamtvolumen ausmachen.

---

1) Atterberg, Die landw. Versuchsstationen. Bd. 69, 1908, S. 93.
2) Hübbe, Zeitschr. f. Bauwesen 1861, Spalte 25 u. ff.
3) Nessig, Gesellsch. Isis. Dresden 1895, Abhandl. 6, S. 72.



Sind Bodenteile verschiedener Größe vorhanden und schieben sich die kleineren zwischen die größeren, tritt ein Abfall des Hohlraumvolumens ein.

Liegt Korn neben Korn unter peripherer Berührung, so spricht man von Einzelkornstruktur; haben sich dagegen große und kleine Bodenkörner locker zusammengelagert und Aggregate gebildet, ist Krümelstruktur vorhanden. Es ist dies also eine besondere Konfiguration der Einzelkornstruktur, und allen guten Böden ist sie eigen. Ramann sagt (loc. cit. 299) treffend: „durch die Krümelung kommt der Boden in einen Zustand, den man am besten als einen Boden höherer Korngröße und porösen Körnern bezeichnen kann." Flugsandböden geben typische Beispiele für Einzelkornstruktur. Die einzelnen Sandkörner liegen hier, zumal wenn sie trocken sind, ohne jede Bindung nebeneinander. Ein krümeliger Lehmboden zeigt dagegen unter gleichen Verhältnissen, daß die Tonteilchen eng aneinander gelagert sind und einer Trennung widerstreben.

Von Einfluß auf die Krümelung sind chemische wie physikalische Faktoren; besonders erweist sich jeder Umstand von Bedeutung, der auf die Bodenkolloide wirksam ist (s. S. 227). Daher begünstigen lösliche Salze, welche, in die Bodenlösung eintretend, ausflocken oder selbst niedergeschlagen werden, die Krümelung; sie geht zurück durch Auslaugung des Bodens. Aehnlich beeinflussen Volumenveränderungen infolge wechselnden Wassergehaltes; speziell fördert der Frost bei tonigem Boden, ebenso Pflanzenwurzeln, welche, durch den Wind hin und her bewegt, am Bodengerüst zerren und den Boden lockern. Auch die durch Wurzeln höherer Pflanzen und von Mikroorganismen abgeschiedene Kohlensäure wirkt ausflockend. Die verschiedenen Tierarten, speziell solche, die im Boden leben, ihn umlagern, aufnehmen und wieder abscheiden (Regenwürmer), unterstützen die Krümelbildung gleichermaßen. In ähnlicher Absicht greift schließlich der Mensch noch ein, um durch Bodenbearbeitung, Düngung, Wasserregulierung, Anbau von Pflanzen mit stark verzweigten Wurzelsystemen etc. die Krümelung des Bodens zu fördern und einen für die Kulturpflanzen günstigen Zustand (Bodengahre s. S. 264) herbeizuführen.

Eine Zerstörung der Bodenkrümel, wie sie durch Druck und Abschlämmen der feinsten Bodenteile nach einem Platzregen auf frisch bearbeiteten Boden häufig gefürchtet ist, beeinflußt umgekehrt Durchlüftung, Wärme und Wasserhaltung des Bodens in speziell für den Pflanzenbau ungünstiger Weise und setzt die „Bodengahre" herab. „Verschlämmte", „verkrustete", „ausgewaschene" Böden zeigen wenig Krümelung; die gekrümelte Schicht ist im Boden zugleich meist diejenige, in welcher die hauptsächlichste Wurzelverbreitung stattfindet.

Den nicht von festen Bodenanteilen erfüllten Raum des Bodenvolumens, den also Wasser und Luft einnehmen, bezeichnet man nach Mitscherlich[1]) am besten als

## § 69. C. Das Hohlraumvolumen des Bodens,

ein Name, welcher mir angepaßter erscheint, als der frühere Ausdruck: Porenvolumen. Zur Bestimmung verwendet man röhrenartige Apparate, entnimmt damit ein bestimmtes Volumen Boden, bestimmt die Anteile des Wassers, der organischen und der anorganischen Stoffe, weiterhin das spezifische Gewicht der letzteren und erhält so durch Differenzrechnung den Anteil des Hohlraumvolumens. Methoden zur Bestimmung siehe:

Heinrich, Landw. Versuchsstationen 1893, Bd. 43, S. 341. Ramann, Forschungen d. Agrik.-Physik 1888, Bd. 11, S. 299. Albert, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1912, S. 8. Kopecký, Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Prag 1904. Vater, Tharand, verwendet neuerdings den van Schermbeekschen Probestecher. Näheres bei Leistner, Allg. Forst- und Jagdzeitung 1912, S. 7.

1) Mitscherlich, Bodenkunde, Berlin 1905, S. 79.

Im allgemeinen zeigen die obersten Bodenschichten die lockerste Lagerung und das größte Hohlraumvolumen, nach der Tiefe zu erhält man niedrigere Zahlen.

Sehr dichte Lagerung beobachtet man bei Böden, die ständig unter Wasser stehen (Moor-, Seegrund). Für Sandböden nennt Ramann[1]) folgende Grenzen:

| | | Lagerung: |
|---|---|---|
| unter 50% | „Porenvolumen" | = sehr dicht |
| 50—55% | „ | = dicht |
| 55—60% | „ | = locker |
| über 60% | „ | = sehr locker |

für Lehmboden mangelt es an genügenden Untersuchungsresultaten, Ramann (loc. cit.) fand 47—50%; Schwarz[2])

| | |
|---|---|
| für Lehmboden | 45,1 % |
| „ Tonboden | 52,7 % |
| „ Moorboden | 84,0 % |

Das Hohlraumvolumen ist für Durchlüftung, Wasser- und Wärmehaltung des Bodens von Bedeutung; für den Pflanzenbau sind mittlere Verhältnisse besonders erwünscht (vgl. Lemmermann, Untersuchungen über den Einfluß eines verschiedenen Porenvolumens auf die Entwickelung d. Pflanzen. Journ. f. Landwirtschaft 1905, S. 173). Außerordentlich hemmend wirken dabei manche Bodenverdichtungen, die sich wie Raseneisen-, Ort-, Manganeisenstein, Rheinkies, verfestigte Pflugsohlen etc. als bankartige Zwischenlagen zwischen die obersten, lockeren Bodenlagen einschieben, die Zirkulation von Wasser und Luft hemmen und der eindringenden Pflanzenwurzel Widerstand entgegensetzen.

Soll die Pflanze im Boden leben können, müssen Bodenkörner und Krümel wenigstens derart in Größe und Lagerung beschaffen sein, daß die Wurzelhaare in den Hohlräumen Platz finden können. Atterberg[3]) fand, daß für Gräser die untere Grenze für das Eindringungsvermögen der Wurzelhaare in Sand bei 0,02 mm Korngröße liegt, für Schmetterlingsblütler ein wenig höher.

§ 70. D. Die Oberflächengröße des Bodens. Die neuere Erkenntnis, daß viele Reaktionen der Körper Funktionen ihrer Oberfläche sind, führte dazu nach Methoden zu ihrer Bestimmung zu suchen. Die Oberflächengröße des Bodens ist gleich der Summe aller Oberflächen der einzelnen festen Bodenteile, oder auch gleich der Oberfläche des von den festen Bodenteilchen gebildeten Hohlraumvolumens. Je größer und kugelförmiger die Bodenteile sind, um so geringer ist die Oberfläche; sie steigt stark an bei Gegenwart von Kolloiden und dann besonders, wenn die Kolloide nach Wasseraufnahme aufquellen. Daher zeigen kolloidarme, trockene Böden fast keine Volumenzunahme nach einer Benetzung; bei einem Lößboden stieg dieselbe dagegen um 13, bei einer Moorerde um 38%. Beim Austrocknen treten natürlich umgekehrte Verhältnisse ein, d. h. das Schwindmaß ist größer für Ton- und Humus- als für Sandböden; deshalb ist auch die Erscheinung der Verkrustung und Spaltenbildung häufiger bei tonreichen als bei sandigen Flächen zu beobachten. Mitscherlich[4]), auf Rodewald[5]) fußend, hat als erster Methoden zur Bestimmung der Bodenoberfläche ausgearbeitet: durch Bestimmung der

§ 71. E. Benetzungswärme und Hygroskopizität. Die

1) Ramann, Bodenkunde. Berlin 1911, III. Aufl. S. 309.

2) Schwarz, Ber. d. landw. Versuchsstation Wien, 1878, S. 51.

3) Atterberg, Die landw. Versuchsstationen. Bd. 69, S. 129, 1908.

4) Rodewald und Mitscherlich, Die Bestimmung der Hygroskopizität. Landw. Versuchsstationen Bd. 59, 1903, S. 433.

5) Rodewald, Theorie der Hygroskopizität. Landw. Jahrb. 1902, S. 675.



Benetzungswärme ist diejenige Wärmemenge, die frei wird, wenn ganz trockener Boden mit Wasser benetzt wird. Je größer die Oberfläche ist, um so höher ist die auftretende Wärmetönung. Voraussetzung ist dabei, daß die Kräfte der Wasseranziehung, welche vom festen Boden ausgehen, mindestens größer sind als jene der Kohäsion, d. h. jene, welche die einzelnen Wasserteilchen unter sich aufeinander ausüben. Zur Bemessung der Benetzungswärme dient das Eiskalorimeter nach Bunsen. Nähere Angaben über Theorie, Methode und Apparat siehe: Mitscherlich, Bodenkunde. Berlin 1905, S. 51. Vgl. auch Rodewald, Ueber Quellungs- und Benetzungserscheinungen, Zeitschr. f. physik. Chemie 1900, Bd. 33, S. 593.

„Unter Hygroskopizität eines Bodens versteht man diejenige Wassermenge, welche ein Boden enthält, wenn seine Oberfläche gerade mit einer Molekülschicht Wasser bedeckt ist." Unter Annahme der Hypothese, daß sich nach den Versuchsbedingungen (s. Mitscherlich loc. cit. S. 56) der Boden gerade mit einer Molekülschicht Wasser bedeckt, ist die Hygroskopizität eine der Bodenoberfläche proportionale Größe. Zwischen Benetzungswärme und Hygroskopizität herrscht ungefähre Proportionalität.

Gegen diese Methode, besonders gegen das nach Vorschrift notwendige starke Trocknen des Bodens, ist mit Recht eingewandt worden, daß dadurch die kolloidalen Anteile Oberflächenveränderungen erleiden, welche die Resultate beeinträchtigen können. Auch die Erwartungen Mitscherlichs, nach Bestimmung der Benetzungswärme ein Bodenklassifikationssystem aufbauen zu können, haben sich nicht erfüllt; die Hygroskopizität mißt nur physikalisch, nicht auch chemisch. Vgl. König, Landw. Vers.-Stationen 1907, S. 401. Albert, Journ. f. Landw. 1908, S. 365. Ehrenberg, Gedenkboek van Bemmelen, 1910, S. 194—205. Mitscherlich und Floess, Internat. Mitteilungen f. Bodenkunde 1912, S. 463.

Nach Mitscherlichs Methode ergeben sich unter Zugrundelegung der Hygroskopizitätsbestimmung folgende Werte für die Bodenoberfläche von 1 g Boden in qm.

| | Hygroskopizität | Bodenoberfläche |
|---|---|---|
| Tert. Quarzsand | 0,034 | 1,38 |
| Kohlens. Kalk | 1,00 | 40,6 |
| Sandboden (Krume) | 1,06 | 43,0 |
| Lehmiger Sandboden | 1,40 | 56,8 |
| Sandiger Lehmboden | 2,09 | 84,9 |
| Milder Lehmboden | 3,0 | 121,8 |
| Wiesenboden 1. Kl. | 3,19 | 129,5 |
| Kaolin | 5,40 | 219,2 |
| Strenger Lehmboden | 6,54 | 265,5 |
| Tiefland Moorboden | 18,42 | 747,9 |
| Strenger Tonboden aus Java | 23,81 | 966,7 |

Die Resultate Mitscherlichs, die Größe der äußeren Bodenoberfläche durch Anwendung von Stoffen mit großem Molekül zu bestimmen, sind z. T. skeptisch aufgenommen worden. Vgl. Mitscherlich, Bodenkunde 1905, S. 73. Scheeffer, Eine Methode zur Bestimmung der äußeren Bodenoberfläche. Inaug.-Dissertation Königsberg i. Pr. 1909 und Pfeiffer, Landw. Jahrb. 1911, S. 1, Ramann, Bodenkunde, III. Aufl. 1911, S. 323.

Auf die Versuche zur Bestimmung des osmotischen Druckes eines Bodens und seiner „elektrolytischen Leitfähigkeit" sei hier nur verwiesen. Vgl. König und Hasenbäumer, Zeitschr. f. angewandte Chemie 1909, Bd. 22, S. 1009; König, Hasenbäumer und Großmann, Landw. Vers.-Stat. 1908, Bd. 69, S. 1.

Die Mächtigkeit der von den Wurzeln durchdringbaren Schicht wird als:

§ 72. F. Die Gründigkeit

bezeichnet.

Nach dem Beschlusse des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten vom 3. Sept. 1908 unterscheidet man:

a) sehr flach oder sehr seichtgründig, bis 1,5 dm
b) flach- oder seichtgründig 1,5—3 dm
c) mitteltief 3,0—6,0 dm
d) tiefgründig 6,0—12,0 dm
e) sehr tiefgründig über 12,0 dm Tiefe.

Daß tiefgründige Böden bessere Kulturböden sind, bedarf eigentlich kaum der Erwähnung.

§ 73. G. Die Bindigkeit des Bodens gleichbedeutend mit Kohäreszenz und Kohäsion, bezeichnet die Anziehungskraft, der die Bodenteilchen gegenseitig unterliegen. Je größer die Oberfläche der Bodenkörner, umso höher ist die Bindigkeit unter sonst gleichen Verhältnissen, daher steigert sich die Bindigkeit mit zunehmender Feinkörnigkeit, Tonböden zeigen daher ein hohes Maß. Da das Wasser nur geringe Kohäsion besitzt, wirken Kolloide im Solzustande weniger bindend als ausgeflockt, abgetrocknet zementieren sie um so stärker, je weniger sie absorptiv abgesättigt sind.

Die Bindigkeit hat Bedeutung für die Fähigkeit eines Bodens mechanisch bearbeitbar zu sein, je bindiger im allgemeinen ein Boden ist, um so größer ist sein Widerstand gegen eine Bearbeitung. Mittlerer Wassergehalt steigert die Bindigkeit, ebenso „abbindende" Salze wie Kalk; Humusstoffe machen Sandböden bindiger, Tonböden lockerer [1]). Ausführlich stellt Mitscherlich (Bodenkunde 98 und ff.) die Methoden zur Bemessung dar, jene von Atterberg [2]) wäre noch anzureihen; hier kann darauf nur verwiesen werden.

Nach dem Beschlusse des Vereins forstlicher Versuchsanstalten vom 3. IX. 1908 gelten zur Charakteristik der Bodenbindigkeit folgende Merkmale:

„1. fest, ein Boden, der beim Austrocknen mit tief eindringenden, netzförmigen Rissen aufspringt und völlig ausgetrocknet sich nicht in kleine Stücke zerbrechen läßt;

2. streng (schwer), ein Boden, der beim Austrocknen weniger tief aufreißt, völlig ausgetrocknet sich in kleine Stücke zerbrechen, wenn auch nicht zerreiben läßt;

3. mild (mürbe), ein Boden, der sich in trockenem Zustande ohne sonderlichen Widerstand krümeln und in ein erdiges Pulver zerreiben läßt;

4. locker, ein Boden, der sich in feuchtem Zustand zwar noch haltbar ballen läßt, in trockenem Zustande jedoch viel Neigung zum Zerfallen zeigt;

5. lose, im trockenen Zustande völlig bindungslos; der höchste Grad dieses Zustandes ist:

6. flüchtig, wenn der Boden vor dem Winde weht."

§ 74. H. Das spezifische Gewicht und das Volumen-Gewicht des Bodens. Das spezifische Gewicht, ein wesentliches Merkmal für die Bestimmung der Mineralien, hat für den Boden nur untergeordnete Bedeutung, weil er Gemengteile verschiedener Art einschließt.

Man findet das spezifische Gewicht eines Körpers bekanntlich, indem man sein absolutes Gewicht durch den Gewichtsverlust dividiert, welchen der Körper

1) Vergl. Thaer, Der Einfluß von Kalk und Humus auf die mechan. physikal. und chemische Beschaffenheit von Ton, Lehm- und Sandböden. Göttingen, Preisschrift 1910.

2) Atterberg, Chemiker-Zeitung 1910, Nr. 42, S. 369.



beim Wägen in Wasser erleidet, oder indem man das absolute Gewicht des Bodens durch das Gewicht des Wassers dividiert, welches der Boden (aus einem Gefäße) verdrängt.

Die Methode ist die gleiche, wie sie für Bestimmung des Hohlraumvolumens der Böden angegeben ist. Wo es nicht auf Feinheiten ankommt, bringt man nach Knop[1]) 350—400 g Boden in einem 500 ccm Kolben, füllt denselben durch Wasser aus einem angefüllten und gewogenen 250 ccm Kolben bis zur Marke auf und findet das Hohlraumvolumen durch das Maß des so zugegebenen Wassers (1 ccm = 1 g $H_2O$).

Je nach den Anteilen wechselt das spezifische Gewicht der Böden; besonders Humusstoffe drücken es herab. Als Mittelzahlen für das spezifische Gewicht ergaben sich aus den Untersuchungen von Lang[2]), von Liebenberg[2]), Schübler[2]), Schuhmacher[2]), Trommer[2]) und Wollny[2]) die folgenden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| für | Quarzsand | zwischen | 2,64—2,75 |
| ,, | Kalksand | ,, | 2,47—2,81 |
| ,, | Kaolin | ,, | 2,36—2,59 |
| ,, | Humus | ,, | 1,23—1,51 |

Je nach Verhältnis der Anteile schwankt daher das spezifische Gewicht der Bodenarten, es liegt für die meisten zwischen 2,4 und 2,7, es erhöht sich durch Eisenverbindungen und fällt ab durch Humusbeimischung.

Das Volumengewicht des Bodens ist das Gewicht eines Volumens Boden im Verhältnis zu einem gleich großen Volumen Wasser.

Am besten geht man vom gewachsenen Boden aus und benutzt die gleiche Methode, wie sie zur Bestimmung des Hohlraumvolumens, S. 233 angegeben wurde.

Bestimmungen am nicht gewachsenen, im Laboratorium präpariertem Boden, sind weniger zuverlässig. Auf die Methode Heinrich, Landw. Vers.-Stationen 1894, Bd. 43, S. 341, die darnach arbeitet, sei hier nur verwiesen.

Von Einfluß auf das Volumengewicht sind: Wasser, Steine und Humusstoffe, letztere mindern, erstere erhöhen es.

Für die meisten Böden liegen die Volumengewichte zwischen 1,2 und 1,5.

Besonders für chemisch-analytische Ermittelungen ist es instruktiver die Ergebnisse auf Volumen und nicht auf absolutes Gewicht zu beziehen; man erhält so ein übersichtlicheres Bild, weil es dem Praktiker wichtiger ist zu erfahren, wieviel auf den ha bis zu gewisser Tiefe den Pflanzen Nährstoffe verfügbar sind, als wieviel nach Gewichtseinheit vorliegen. Die Analysen der Moorböden sind schon immer in dieser verbesserten Weise dargestellt worden.

Bei einem dem Pflanzenwuchs zusagenden Feuchtigkeitsgehalt enthält 1 cbm an festen Stoffen etwa (zit. nach Fleischer, Bodenkunde, in Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik, IV. Aufl., Berlin 1909, Bd. I, erster Teil, S. 159).

| Boden: | Sand | Lehm | Ton | Kalk | Humoser Ton | Hoch-moor | Nieder-moor | Zwischen-moor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kg: | 1500 | 1200 | 1000 | 800 | 600 | 120 | 250 | 175 |
| Wassergehalt % | 10 | 20 | 35 | 20 | 40 | 70 | 65 | 68 |

§ 75. J. Die Farbe des Bodens ist die augenfälligste seiner Eigenschaf-

1) Knop, Die landw. Versuchsstationen. Bd. 8, S. 40, 1869.

2) Lang, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrik.-Physik. Bd. 1, S. 36. v. Liebenberg, Habilitationsschrift. Unters. über die Bodenwärme. Halle 1875, S. 38. Schübler, Grundsätze d. Agrik.-Chemie. Leipzig 1830, II, S. 60. Schuhmacher, Die Physik des Bodens. Berlin, 1864, S. 245. Trommer, Die Bodenkunde. Berlin 1857, S. 258—259. Wollny, Forsch. a. d. Gebiete d. Agrik.-Physik. Bd. 8, S. 347. Zit. nach Mitscherlich, Bodenkunde. Berlin 1905, Seite 22.



ten. Quarz, Kaolinit und Kalk, als Hauptbestandteile der Böden, sind an sich farblos; der Humus, grau bis schwarz, verleiht dem Boden dunklere Farbtöne, die nach Menge des Humus aber auch nach Art des Bodens variieren können. So zeigt sich Sandboden durch gleichen Humusgehalt im allgemeinen intensiver gefärbt als Lehm- und Tonboden. Aber selbst bei manchen Sanden muß man zu einer Reduktion durch Glühen des Bodens im Reagenzrohr greifen, um farblose Humusbeimengungen rasch wahrnehmbar zu machen [1]). Wasserhaltig erscheinen bekanntlich die Böden wegen unvollständiger Reflexion des Lichtes dunkler.

Gelbe, rote und braune Schattierungen sind im Boden am meisten verbreitet. Eisenoxyd färbt rot, Eisenoxydhydrat gelb bis braunrot; das Grün des Eisenoxyduls wird weniger bei Erden als bei unverwitterten Gesteinen beobachtet; bei der Verwitterung geht durch Oxydation das Eisenoxydul unter Farbenumschlag in Eisenoxyd über. Ist die Farbe des Bodens auch kein wichtiges Merkmal für die Bewertung, so gibt sie doch Anhalt, die Gleichartigkeit und Ungleichartigkeit eines Bodens zu erkennen; sie hat weiterhin Bedeutung für die Wärmeeinnahme und -Ausgabe. Experimentelles darüber s. Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik, Bd. 1, S. 43, Bd. 20, S. 324. Lang, ebenda Bd. 1, S. 383.

## III. Kapitel.

## Die Beziehungen des Bodens zu Wasser, Wärme und Luft.

### A. Boden und Wasser.

§ 76. Allgemeines. Boden und Wasser gehören zusammen; der Boden ist in vielen seiner Eigenschaften vom Wassergehalt abhängig. Das in der Natur vorkommende Wasser ist von ungleicher Art, es enthält Stoffe in wechselnden Mengen gelöst, aufgeschwemmt wie suspendiert; selten ist es chemisch rein. Sonst farblos, erscheint es in Schichten von mehr als 2 m bläulich, durch fein verteilte Schwebeteile grün, mitgeführte humose Stoffe färben es gelb bis braun. Bei 3,945° C liegt das Maximum seiner Dichte; 1 l wiegt dann 1 kg. Die Wärmeleitung des Wassers ist gering, wegen seiner hohen Wärmekapazität dient es dagegen als Maß zur Bemessung dieser Größe (= 1). Diejenige Wärmemenge, die notwendig ist, um 1 kg Wasser von 15 auf 16° zu erwärmen, bezeichnet man als eine (große) Kalorie [2]), deren tausendsten Teil als eine Grammkalorie oder eine kleine Kalorie. Beim Gefrieren geben 100 Volumen Teile Wasser 109 Volumen Teile Eis, für 1 g werden dabei 79 Grammkalorien Wärme gebunden. Die Dissoziation des Wassers ist selbst bei 2000° nur gering; es verdunstet bei jeder Temperatur, die an der Erdoberfläche vorkommt; gelöste feste Stoffe hemmen die Wasserverdunstung. Wasser ist das allgemeinste Lösungsmittel für Gase, flüssige und feste Körper, absolut unlöslich in Wasser ist keines der festen Bodenteile (s. S. 181).

Nach Bunsen [3]) vermag 1 Vol. Wasser bei 760 mm Druck zu adsorbieren:

| | bei 10° | 15° | 20° |
|---|---|---|---|
| Volumen Sauerstoff: | 0,03250 = 1 | 0,02989 = 1 | 0,02838 = 1 |
| Volumen Stickstoff: | 0,01607 = 0,5 | 0,01478 = 0,49 | 0,01403 = 0,49 |
| Volumen Kohlensäure: | 1,1847 = 36,4 | 1,0020 = 33,5 | 0,9014 = 31,8 |

1) Vergl. Helbig, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1903, S. 277.
2) Ostwald, Prinzipien der Chemie 1907, S. 111 nennt 18°, andere 0°.
3) Bunsen, Ann. d. Chemie u. Pharmazie 1855, Bd. 93, S. 1.



Nach Art der Wasserführung des Bodens bezeichnet man als:

Bodenwasser das im Boden vorkommende Wasser überhaupt;

Bodenfeuchtigkeit denjenigen Teil des Bodenwassers, der nach der Tiefe, dem Grundwasser zu, absinken kann;

Grundwasser dagegen jenen Teil, der nicht absinkt, sondern sich auf undurchlässiger Schicht sammelt.

§ 77. a) Einen geringen Gehalt an festen Stoffen zeigen die Quellwässer der kalkfreien Gebirgsformationen, jene dagegen, die Gips-, Salz-, Kalk und kohlehaltige Schichten passierten, enthalten größere Mengen gelöster Stoffe. So fand Reichardt[1]) für je 100 l Quellwasser folgende Zahlen nach gr:

| | Abdampfrückstand | Organ. Substanz | Salpetersäure | Chlor | Schwefelsäure | Kalk | Magnesia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aus Granit | 2,44 | 1,57 | 0 | 0,53 | 0,39 | 0,97 | 0,25 |
| | 7,0 | 0,4 | 0 | 0,12 | 0,34 | 3,08 | 0,91 |
| | 21,0 | 0,47 | 0 | Spur | 1,03 | 4,48 | 2,10 |
| aus Melaphyr | 16,0 | 1,92 | 0 | 0,84 | 1,71 | 6,16 | 2,25 |
| aus Basalt | 15,0 | 0,18 | 0 | Spur | 0,34 | 3,16 | 2,80 |
| aus Tonsteinporphyr | 2,5 | 0,8 | 0 | 0 | 0,34 | 0,56 | 0,18 |
| aus Tonschiefer (Steben) | 12,0 | 0 | 0,05 | 0,25 | 2,40 | 5,04 | 0,73 |
| aus Buntsandstein | 12,5 | 1,38 | Spur | 0,42 | 0,88 | 7,30 | 4,8 |
| aus Muschelkalk (Jena) | 32,5 | 0,9 | 0,02 | 0,37 | 1,37 | 12,9 | 2,9 |
| dto. (dolomitisch) | 41,8 | 0,53 | 0,23 | Spur | Spur | 14,0 | 6,5 |
| aus Gips (b. Rudolstadt) | 236,8 | Spur | Spur | 1,61 | 110,83 | 76,6 | 12,25 |

Die atmosphärischen Niederschläge (Regen, Schnee, Tau, Reif, Nebel) enthalten ebenso nach Ort und Zeit wechselnde, aber immer geringe Mengen hauptsächlich von Natron, Kalk, Ammoniak, Schwefelsäure, Chlor, Salpetersäure, organ. Stoffe. Die in 10 Jahren (nach Miller[2]) in Rothamsted) im Regen niedergegangenen Stickstoffmengen betrugen 3,7—5 kg pro Jahr und ha. Bach- und Flußwasser zeigen je nach Quellen und Zuflüssen schwankende Zusammensetzung. Meistens besitzen Flußwässer eine geringere „Härte“, weil die die Härte bedingenden Karbonate des Calciums und Magnesiums während des Fließens ausgefällt werden.

Im Boden wird das Wasser durch zweierlei Kräfte festgehalten: durch die Adhäsionskraft, welche die festen Bodenteile auf das Wasser entfalten und weiter durch die Oberflächenenergie [3]) des Wassers selbst.

Das Wasser, welches durch Adhäsion festgelegt wird, bezeichnet man auch als hygroskopisches Wasser, seine Bemessung erfolgt nach den Methoden zur Bestimmung der Hygroskopizität der Böden (s. S. 234); solches Wasser ist im Gegensatz zu freiem nicht für die Pflanzenernährung verfügbar; je nach Art des Bodens schwankt seine Menge; Sandböden enthalten wenig, Torfböden viel.

§ 78. b) Die Kapillarleitung des Wassers im Boden. Wasser, welches durch Oberflächenenergie (Oberflächenspannung) festgehalten wird, bezeichnet man als Kapillarwasser.

Auf Oberflächenspannung, Adhäsion und Kohäsion beruht bekanntlich die Erscheinung des Aufstiegs von Wasser in engen Röhren, ebenso jener des „kapillaren Aufstiegs des Bodenwassers“ von der Tiefe nach der Oberfläche zu, entgegen der Wirkung der Schwerkraft. Pflanzen können dadurch von höheren Wasservorräten mäßig tiefer Bodenschichten Nutzen ziehen.

1) Reichardt, Grundlagen z. Beurteilung d. Trinkwassers IV. Aufl. 1880, S. 33.

2) Miller, Proceedings of the Chemical Society, Vol. 18, Vol. 250, No. 88 und 89, zit. nach Biedermanns Zentralbl. f. Agrikulturchemie 1905, S. 1.

3) Die Oberflächenenergie ist diejenige Kraft, die speziell an der Oberfläche von Flüssigkeiten wirksam und bestrebt ist, die Oberfläche so klein als möglich zu machen; ihre Stärke ist die Oberflächenspannung.

Die Steighöhe ist umgekehrt proportional dem Durchmesser der Kapillaren; daher ist die Oberflächengröße und Lagerung der festen Bodenteile von Einfluß, schließlich noch ihre Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse. Die absolute Steighöhe und die Geschwindigkeit der Hebung des Wassers stehen in gewissem gegenseitigen Verhältnis. Atterberg[1]) fand bei Sand folgende Zahlen:

| Durchmesser der Körner mm | Steighöhe des Wassers mm: in 24 Stunden | in den folgenden 24 Stunden | Maximum i. 24 Stunden |
|---|---|---|---|
| 5,0 —2,0 | 22 | 2 | 25 |
| 2,0 —1,0 | 54 | 6 | 65 |
| 1,0 —0,5 | 115 | 8 | 131 |
| 0,5 —0,2 | 214 | 16 | 246 |
| 0,2 —0,1 | 376 | 20 | 428 |
| 0,1 —0,05 | 530 | 44 | 1055 |
| 0,05 —0,02 | 1153 | 207 | 2000? |
| 0,02 —0,01 | 485 | 437 | ? |
| 0,01 —0,005 | 285 | ? | |
| 0,005—0,002 | 143 | ? | |
| 0,002—0,001 | 55 | ? | |

Vergl. auch Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik. Bd. 7 und 8 1884/85. Edler, ebendort, Bd. 6, S. 56.

Die obigen Zahlen zeigen, daß Sande zwischen 0,05—0,02 mm Durchmesser Wasser am raschesten heben [2]), daß die absolute Steighöhe mit der Feinkörnigkeit zunimmt und die Anfangsgeschwindigkeit des Aufstiegs sich rasch verlangsamt. Für die Zuführung von Kapillarwasser für die Pflanzenernährung sind also nur feinere Korngrößen bei verhältnismäßig wenig tiefer Lage des Grundwasserspiegels von Bedeutung.

Je trockener ein Boden ist, um so langsamer erfolgt die kapillare Hebung des Wassers, hauptsächlich weil die Flächenanziehung der festen Bodenteilchen unter sich und die sie umgebenden Gashüllen der Benetzung Widerstand leisten; auch die Reibung der Wasserteilchen an den Bodenkörnern hemmt den Aufstieg.

Entsprechend den physikalischen Gesetzmäßigkeiten, nach denen die Kapillaritätskonstante mit steigender Temperatur abnimmt, mindert sich auch mit steigender Temperatur des Bodens die kapillare Steighöhe des Wassers. Andererseits verliert das Wasser mit zunehmender Temperatur an spezifischer Zähigkeit (Beweglichkeit). Dieselbe beträgt bei

$$
\begin{aligned}
0^{0}\,C &= 100\\
5^{0}\,C &= 84{,}6\\
10^{0}\,C &= 73{,}3\\
15^{0}\,C &= 63{,}6\\
20^{0}\,C &= 56{,}2\\
25^{0}\,C &= 49{,}9
\end{aligned}
$$

Demgemäß wird Wasser bei höherer Temperatur schneller aufsteigen.

Salzlösungen verhalten sich verschieden, bei 25° C sind manche zäher als Wasser, andere weniger.

Gekrümelter Boden hebt das Wasser um so schlechter, je größer die Krümel sind, weil sich dadurch die Zahl nicht kapillar wirkender Hohlräume vermehrt.

In geschichteten Böden vermag ein grobkörniger Boden wohl kapillar gehobenes Wasser an feinkörnige Lagen abzugeben, während in umgekehrter Folge nur geringe Mengen Wasser übertreten.

1) Atterberg, Die landw. Versuchsstationen. Bd. 69, S. 107, 1908.
2) Wollny (loc. cit.) fand 0,114—0,071 mm, Edler (loc. cit.) fand 0,1—0,05 mm.

Man bemißt die kapillare Steighöhe nach mm, indem man das zu untersuchende Material in Glasröhren einbringt, die unten mit einem Leinenlappen verschlossen, solange in Wasser eingestellt werden bis kein Aufsteigen desselben mehr zu beobachten ist. Praktisch ist die Bestimmung ohne großen Wert, weil sich dabei eine Umlagerung des Boden nötig macht.

Diejenige Wassermenge, die ein Boden dauernd zurückhalten kann, bezeichnet man als

§ 79. c) die Wasserkapazität des Bodens oder als seine wasserhaltende Kraft; ihre Bestimmung erfolgt nach Gewichtsprozenten der festen Bodenteile oder nach Prozenten des Bodenvolumens.

Die Wasserkapazität eines Bodens ist abhängig von Korngröße, Lagerung der festen Bodenteile, deren Gehalt an quellbaren Stoffen, schließlich auch von Temperatur und Druck.

Im allgemeinen ist die Wasserkapazität um so größer je mehr der Boden kapillar wirkende Hohlräume enthält, je feinkörniger er also im allgemeinen ist. Wollny[1]) fand bei Quarzsand folgende Größen:

| Korngrößen: | Wasserkapazität: Vol. % |
|---|---|
| 1—2 mm | 4,09 |
| 0,25 —0,5 mm | 4,79 |
| 0,114—0,171 mm | 6,38 |
| 0,01 —0,071 mm | 35,2 |

Krümeliger Boden hat geringere Wasserkapazität als Boden in Einzelkornstruktur gleicher Korngröße, die Größe der Krümel ist nur von geringem Einfluß auf die wasserhaltende Kraft des Bodens.

Durch Beförderung der Krümelung, welche kapillar wirkende Hohlräume schafft, kann die Wasserführung eines Bodens herabgesetzt werden, während Druck (Walzen des Keimbettes) eine dichtere Lagerung hervorruft und damit auch die Wasserkapazität erhöht; aber nur bis zu einem gewissen Grade, darüber hinaus erfolgt durch zu dichte Lagerung der Bodenkörner aneinander ein Abfall der Wasserkapazität. Ein Boden hat also ein Optimum für die Wasserkapazität, weitere Lockerung, weitere Verdichtung mindern dieselbe. Wollny[1]) fand für einen humosen Kalksand von 0,0—0,25 mm Durchmesser eine Wasserkapazität (kl.) von:

48,12 Vol. % bei lockerer
50,68 Vol. % bei mitteldichter } Lagerung
44,36 Vol. % bei sehr dichter

Steine setzen durch Verminderung der Kapillarräume die Wasserkapazität herab.

Mit steigender Temperatur mindert sich die Wasserkapazität. Haberlandt[2]) erhielt folgende Zahlen:

| bei C° | | Wasserkapazität |
|---|---|---|
| 15° | = | 53,1 % |
| 20° | = | 52,6 % |
| 32° | = | 51,8 % |
| 50° | = | 47,7 % |
| 100° | = | 46,2 % |

1) Wollny, Forschungen a. d. Gebiet d. Agrikultur-Physik. Bd. 8, S. 188.
2) F. Haberlandt, Wissensch. Untersuch. auf d. Geb. d. Pflanzenbaues. Wien 1875, Bd. 1 S. 14.

An sich verliert ja das Wasser durch Erwärmung an Volumengewicht, durch die Ausdehnung kann es auch in nicht kapillar wirkende Hohlräume gedrängt werden und durch dieselben abfließen.

Reversible Gele (s. S. 227) quellen nach Benetzung auf, halten das Wasser fest und erhöhen dadurch die Wasserhaltung.

Ramann[1]) verwirft die alten Methoden zur Bestimmung der Wasserkapazität und empfiehlt eine neue von Briggs und Mc. Lane[2]), nach welcher durch Zentrifugieren das kapillar gebundene Wasser entfernt wird; doch bedürfe die Methode „noch der theoretischen Durcharbeitung", schreibt er dazu.

Selbst bei Anwendung einwandfreien Untersuchungsmaterials und den besten Methoden können die Resultate der meisten physikalischen Bodenuntersuchungen doch nur zeitlichen Wert beanspruchen, weil ihre Komponenten labile sind.

§ 80. d) Volumenänderung des Bodens durch wechselnden Wassergehalt. Durch Wasseraufnahme erleiden die Böden eine Volumenzunahme, die um so stärker ist, je mehr der Boden quellbare Substanzen (Ton, Humus, Kolloide) enthält. Umgekehrt tritt Volumenabnahme beim Austrocknen ein.

Reine Sandböden ergaben dabei kein meßbares Resultat, während andere je nach Art bis 20% an Volumen zu- bzw. abnahmen. Dabei können Spannungen entstehen, die sich schließlich auslösen, wodurch weiterhin Krümelung hervorgerufen aber auch vernichtet werden kann. Auch die Bildung von Krusten, Rissen und Spalten auf tonigem oder humusreichem Boden nach Trockenperioden hängt damit zusammen.

§ 81. e) Die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser und die Schnelligkeit des Durchtritts werden bedingt durch Zahl und Weite der Abzugskanäle, deren Oberfläche und Feuchtigkeitsverhältnisse, endlich durch Druck, Temperatur und Gehalt an quellbaren Substanzen und Elektrolyten.

Je weiter die Abflußkanäle des Bodens für Wasser sind, um so höher ist die Durchlässigkeit, geht ein weiter Kanal in einen engen über, ist dieser für die Größe der Durchlässigkeit bestimmend. Während nach Wollny[3]) z. B. ein Quarzsand von 0,5—1,0 mm Durchmesser bei 50 cm überstehendem Wasserdruck in 10 Std. 366, 56 l Wasser durch eine 20 cm starke Bodenschicht passieren ließ, ging diese Menge durch Einlagerung einer Lehmschicht von 1 cm auf 7,431 l in gleicher Zeit zurück. Je grobkörniger und je mehr ein Boden bei gleicher Korngröße gekrümelt ist, um so rascher erfolgt das Eindringen des Wassers, Steine hemmen durch Verminderung des Hohlraumvolumens, Feinkörnigkeit (große Oberflächen) und Gehalt an quellbaren Substanzen (Kolloiden) setzen ebenso die Durchlässigkeit herab; Aetzkalk steigert; kohlensaurer Kalk, Kalisalze, Chilisalpeter schränken sie ein. (Vgl. auch Blanck, Landw. Jahrbücher 1909, Bd. 38, S. 863.) Trockene Böden leisten der Benetzung Widerstand und leiten darum Wasser langsamer ab.

Steigende Temperatur verkürzt die Zähigkeit und die Kohäsion des Wassers und begünstigt dadurch den Abfluß (s. S. 240); steigender Luftdruck vermindert dagegen denselben durch vermehrte Luftzufuhr zum Boden.

Bodenverdichtungen, wie Pflugsohlen, Eisen-, Mangan-, Kalkkonkretionen, Ortstein usw. hemmen die Durchlässigkeit je nach Ausbildung verschieden stark.

---

1) Ramann, Bodenkunde, III. Aufl. Berlin 1911, S. 339.

2) Mac. Lane, Erp.-St. Rec. 19, S. 426 (1908), zit. nach Ramann, Bodenkunde, III. Aufl., Berlin 1911, S. 339.

3) Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik. Bd. 14, S. 14.



Methoden zur Bestimmung der Durchlässigkeit s. v. Welitschkowsky, Archiv für Hygiene, 1884, Bd. 2, S. 499; Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik, 1891, Bd. 14, S. 1; Kopecký, Die physik. Eigenschaften d. Bodens. Prag 1904, S. 45.

Nach dem Beschlusse des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten vom 3. Sept. 1908 sind für die Durchlässigkeit eines Bodens für Wasser folgende Grade zu unterscheiden: durchlässig, ziemlich durchlässig, schwer durchlässig und undurchlässig.

Die aus einem Boden abfließenden Wassermengen bezeichnet man als

§ 82. f) die Sickerwässer. Ihre Masse ist im allgemeinen um so größer, je mehr einem Boden Wasser zugeführt wird, je niedriger Wasserkapazität und Verdunstung sind und je kahler der Boden ist (vgl. S. 254 Bodendecke).

Besonders nach Eintritt der Vegetationszeit gehen die Sickerwassermengen pflanzenbedeckter Böden stark zurück. Ihr Abfluß setzt in Gebieten geringer Niederschlagshöhe und hoher Wasserkapazität der Böden erst spät wieder ein. Frost hemmt ebenfalls. Die absickernden Wassermassen nimmt das Grundwasser auf, dessen Standhöhe dadurch beeinflußt wird.

Das Grundwasser folgt daher auch im allgemeinen in seiner Lage der Ausformung der Bodenoberfläche und findet sich in gewissem Abstande unter derselben. Es folgt den gleichen hydrostatischen Gesetzen wie die Tagewässer, die Bewegung ist aber durch die Reibung an den Bodenteilen verlangsamt. Die kapillare Hebung, die Verdunstung des Wassers und die Taubildung im Boden, welche auch für die Vegetation von hoher Bedeutung sind, werden vom Grundwasser stark beeinflußt.

§ 83. g) Die Wasserverdunstung aus dem Boden ist abhängig im allgemeinen von meteorologischen Verhältnissen, im speziellen von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens, seiner Lage und seiner Decke.

Von den meteorologischen Faktoren sind speziell Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung von Bedeutung.

Bei jeder Temperatur verdunstet Wasser, auch Eis und Schnee geben Wasserdampf ab. Steigende Temperatur steigert auch die Verdunstungsmenge und zwar um so mehr, je kräftiger der Wind aufnahmefähigere Luftschichten zuführt. Da aber bei bestimmter Temperatur in einem gegebenem Raum nur eine bestimmte Menge Wasserdampf vorhanden sein kann, hört die Verdunstung des Wassers auf, wenn dieser Zustand erreicht ist (Sättigung). Im unbegrenzten Raume erfolgt diese Sättigung nur langsam, besonders dort, wo wie im Boden, noch andere Gase vorhanden sind; die der verdunstenden Oberfläche nächstliegenden Schichten bleiben daher fast mit Wasserdampf gesättigt und hemmen die Verdunstung.

Die Größe der Wasserverdunstung eines Bodens hängt daher an sich von der Menge des vorhandenen Wassers und von der Oberflächengröße des verdunstenden Bodens ab, ferner von der Temperatur, vom Sättigungsgrad des darüber befindlichen Raumes, der Windgeschwindigkeit, mit der gesättigtere Luftschichten weggeführt werden und endlich vom Luftdruck, zu dem sich die Verdampfungsgeschwindigkeit umgekehrt proportional verhält.

Das prozentuale Verhältnis der in der Luft bereits vorhandenen Feuchtigkeit zu der unter den jeweiligen meteorologischen Zuständen überhaupt aufnehmbaren Feuchtigkeitsmenge, gibt den Begriff der relativen Feuchtigkeit.

Je kleiner die Bodenteilchen sind, um so höher ist unter sonst gleichen Verhältnissen die Verdunstung, weil dieselbe von der Oberfläche ausgeht und mit deren

Größe wächst, so verdunsteten z. B. aus einem Sandboden, wenn man die von den feinsten Teilen abgegebenen Mengen gleich 100 setzt, nach Eser [1])

| Korngröße mm: | 0,0—0,071 | 0,071—0,114 | 0,114—0,171 | 0,171—0,25 | 0,25—0,5 | 0,5—1 | 1—2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Verdunstung: | 100 | 99,7 | 96,0 | 94,6 | 81,7 | 26,4 | 19,7 |

Sind die Oberflächen der Bodenteile einer gewissen Fläche dauernd mit einer Flüssigkeitsschicht umgeben, so wird die Verdunstungsmenge höher sein, als jene einer freien, gleichgroßen Wasserfläche, weil unter solchen Umständen die Bodenteile eine größere Verdunstungsfläche besitzen. Haberlandt [2]) fand so den Wasserverlust einer freien Wasserfläche = 100, für Ackererde 133, für Sand 120, für Moorerde 112. Daher steigern alle Umstände, welche die Bodenoberfläche vermehren, auch die Verdunstung wasserhaltiger Böden. Dämme, Rabatten, Gräben, Furchen, Hügel etc. verdunsten mehr Wasser wie ebene Flächen bei gleichem Grundmaß. Setzt man die verdunstete Wassermenge bei ebener Oberfläche gleich 100, so verdunsteten unter sonst gleichen Verhältnissen nach Eser [3]) bei gewellter Oberfläche 128, bei gewölbter 114 Teile Wasser etc.

Den Einfluß der Windgeschwindigkeit studierte Hensele [4]) und fand z. B. für reinen Kalksand:

| Windgeschwindigkeit: | °C: | Verdunstungsmenge pro 100 qcm Fläche g: |
|---|---|---|
| 3 m | 21,2° | 2,42 |
| 6 m | 21,5° | 4,20 |
| 9 m | 21,0° | 5,02 |
| 12 m | 21,9° | 5,82 |

Nach Eser (loc. cit.) betrug die Wasserverdunstung aus einem Kalksand bei Süd-Exposition und einer Inklination von:

| | 0° | 10° | 20° | 30° |
|---|---|---|---|---|
| vom 5. VI.—4. VII. | 100 | 123 | 127 | 125 |
| vom 20. VIII.—4. XI. | 100 | 111 | 123 | 133 |

Die Verdunstung steigt also mit der Neigung und ist bei südlicher Exposition am höchsten. Krümelung setzt die Verdunstung herab, weil durch die nicht kapillar wirkenden Hohlräume die Wasserzufuhr nach der Oberfläche heruntergesetzt, die Durchlässigkeit für eindringendes Wasser dagegen gefördert wird.

Je tiefer der Wasservorrat einer verdunstenden Bodenoberfläche liegt (Grundwasser), um so niedriger sind die Verdunstungsmengen. Eine künstlich herbeigeführte Verlängerung des Weges z. B. durch Senkung des Grundwasserspiegels oder Aufhöhung der Bodenoberfläche muß daher die Verdunstung einschränken.

Eine weitere Maßnahme, welche die Wasserleitung des Bodens und damit seine Verdunstung herabsetzt, besteht in der Unterbrechung der kapillaren Leitung durch Lockerung (Pflügen, Hacken) der obersten Schicht, wodurch nicht kapillar wirkende Hohlräume geschaffen werden; den gleichen Effekt hat eine Bedeckung mit grobem Material (Sand, Stroh, Streu, Mist, Reisig).

So fiel die Menge des verdunstenden Wassers nach Beobachtungen von Wollny [5]) durch Behackung eines Bodens von 100 auf 84,9; durch 1 cm hohe Sandbedeckung auf 41,2 bzw. 49,7; durch eine Streudecke nach Ebermayer [6]) auf 27,2, durch Buchen-

1) Eser, Forschungen a. d. Gebiet d. Agrikultur-Physik 1884, Bd. 7, S. 60.
2) Haberlandt, Untersuch. a. d. Gebiete d. Pflanzenbaus. Wien 1875, Bd. 2, S. 25.
3) Eser, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik, 1884, Bd. 7, S. 98.
4) Hensele, Ebenda. 1893, Bd. 16, S. 354.
5) Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik, 1880, Bd. 3, S. 328.
6) Ebermayer, Die ges. Lehre von der Waldstreu. Berlin 1876, S. 182.



laub auf 55,4, unter Fichtennadeln auf 40,5, Kiefernnadeln 33,0 usw. Daß auch Farbe, Wasserkapazität und Salzgehalt der Bodenlösung die Verdunstung beeinflussen, sei wenigstens erwähnt.

§ 84. h) Was nun die Menge des Bodenwassers angeht, so ist dieselbe in der Hauptsache abhängig von der Höhe der Niederschläge, von der Wasserkapazität, Verdunstung, Durchlässigkeit des Bodens und von seiner Lage zum Grundwasser, Faktoren, die bereits behandelt worden sind.

An der Oberfläche sind die Böden im allgemeinen am wasserreichsten, dann folgen nach der Tiefe zunehmend wasserärmere Schichten, die in der Nähe des Grundwassers wieder wasserreicher werden. Sandböden enthalten in der Regel weniger Wasser als Lehm, Ton- und Humusböden (vgl. S. 237). Frischer Sand aus Altbeständen mit normaler Bodendecke enthielt nach meinen (unveröffentlichten) Untersuchungen, die an Proben im Juli und August 1908 täglich mehrmals ausgeführt wurden, im Durchschnitt einiger hundert Analysen; in Bodentiefe von 0—10 cm = 10,45 Gew. %, bei 25—35 cm = 6,77 Gew.%; bei 55—65 cm 3,67 Gew.% Wasser. Ramann[1]) gibt 2—4 Gew. % entsprechend 3—5 Vol. % an und bemerkt, daß Lehmböden 10—20 Gew.% entsprechend 15—25 Vol.% Wasser in der Regel enthielten.

Der Wassergehalt wechselt im Boden während der verschiedenen Jahreszeiten, mit dem Erwachen der Vegetation tritt gewöhnlich ein starker Abfall ein, der bei uns trotz der Sommerregen bis zum Herbst ansteigt. Mit Erlöschen der Vegetation und Beginn der kälteren Jahreszeit reichert sich der Boden wieder mit Feuchtigkeit (Winterfeuchtigkeit) an und zeigt so gegen Beginn des Frühjahrs den höchsten Wassergehalt; nur Sandböden speichern wenig Winterfeuchtigkeit.

Für das Ansprechen des Wassergehaltes sind durchschnittliche Verhältnisse maßgebend, die Ortskenntnis voraussetzen.

Nach dem Beschlusse des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten vom 3. Sept. 1908 ist für Standorts- und Bestandesbeschreibung beim forstlichen Versuchswesen der Grad der Feuchtigkeit in folgenden Abstufungen auszudrücken:

a) „naß, wenn die Zwischenräume des Bodens derartig mit Wasser erfüllt sind, daß es in Bodeneinschläge rasch abfließt. Hierzu gehören auch sog. quellige Bodenstellen an Hängen";

b) „feucht, wenn der Boden beim Zusammenpressen das Wasser noch tropfenweise abfließen läßt";

c) „frisch, wenn der Boden dem Gefühle und dem Aussehen nach von Feuchtigkeit mäßig durchdrungen ist, ohne daß sich äußerlich sichtbare Spuren von tropfbarem Wasser beim Zusammendrücken zeigen";

d) trocken, wenn der Boden nach erfolgter Durchnässung die Wasserspuren schon binnen einigen Tagen verliert;

e) „dürr, wenn aus dem Boden jede sichtbare Spur von Feuchtigkeit nach kurzer (24 stündiger) Abtrocknung wieder verschwindet".

§ 85. i) Der Einfluß fließender und stehender Gewässer auf den Boden ist ein verschiedener. Fließende und stehende Gewässer können auf durchlässigem oder undurchlässigem Grunde ruhen. Im ersten Falle sind sie zutage tretendes Grundwasser resp. dessen Abfluß, steigen und fallen mit ihm, im andern sind sie ohne direkten Einfluß auf den Wasserstand des benachbarten Geländes.

1) Ramann, Bodenkunde, III. Aufl. Berlin 1911, S. 357.



Größere Wasserflächen wirken durch Reflexion der Wärmestrahlen („gespiegelte Wärme"). Am Genfer See wie am Rhein haben diese Wärmereflexe einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf das Reifen der Trauben. Nach den Untersuchungen Dufours [1]) ergaben sich über das Verhältnis der direkten Sonnenwärme zur reflektierten Wärme folgende Zahlen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sonnenhöhe: | ca. 4° | 7° | 16° |
| Reflektierte Wärme in % der direkten: | 68 % | 40—50 % | 20—30 % |

Am Morgen und im Winter ist demnach die reflektierte Wärmemenge am größten.

Ebenso wirken Seen als Wärmespeicher. Durch die erhöhte Wärmeabgabe ist nach Walter [2]) z. B. das Bodenseeufer im Januar um 0,8° wärmer, im März und April ist kein Unterschied, vom August bis September ist das Seeufer abermals um 0,6—0,7° wärmer, als es sonst (ohne See) sein würde. Die höhere spezifische Wärme (s. S. 247) des Wassers bewirkt, daß es sich langsamer erwärmt als das Land. Durch Zufuhr von einer Calorie erhöht sich die Temperatur des Wassers um 1°, die des Landes um 2°. Umgekehrt gibt bei Abkühlung des Wassers um 1° das Wasser eine, das Land nur 0,5 Kalorien ab.

Einflüsse größerer Wasserflächen auf Luftfeuchtigkeit der Umgebung bestehen wohl ebenso; zahlenmäßiges lag mir nicht vor.

Der Einfluß auch kleiner Wasserflächen auf den Zug der Gewitter, Schwierigkeiten beim Ueberqueren von Flüssen mit Luftfahrzeugen, das Abheben der Flußläufe im Wolkennebel sind oft beobachtete Tatsachen. Weiterhin nennen die Pflanzengeographen Flüsse häufig als Grenzen für diese oder jene Pflanzenfamilien, daß fließendes Wasser beim Samentransport eine große Rolle spielt, ist weiterhin zu erwähnen.

## B. Boden und Wärme.

§ 86. Allgemeines. Als hauptsächlichste Wärmequelle kommt die Sonne in Frage; die Eigenwärme unseres Planeten erhöht die Oberflächentemperatur nur um 0,1° . Beim Durchgang durch die Lufthülle wird von derselben Wärme absorbiert; dieser Verlust wird zu etwa 40 % angenommen.

Da die Luft sich um so mehr ausdehnt, in je höhere Regionen sie gelangt, fällt die Temperatur mit der Höhe. Nach Untersuchungen, die durch Ballonfahrten ermittelt wurden, beträgt die Abnahme nach Kremser [3]) im Sommer auf je 100 m

| | | | |
|---|---|---|---|
| von 0—1134 | bis 1763 | bis 2250 | bis 2405 m |
| 0,99° C | 0,83° C | 0,75° C | 0,41° C |

für den Winter belaufen sich die Unterschiede nach Berson [4]) für 100 m:

| | | | |
|---|---|---|---|
| von 0—1000 | bis 2000 | bis 3000 | bis 4000 m |
| 0,04° C | 0,42° C | 0,56° C | 0,53° C |

Die bei der Verwitterung der Gesteine frei werdende Wärme ist für die allgemeine Temperatur ohne Bedeutung, ebenso jene, die durch rasche natürliche Umsetzung organischer Massen (Mistbeete) lokal wirksam werden kann.

1) Dufour, vergl. Hann, Handbuch der Klimatologie, III. Aufl., Stuttgart 1908, Bd. I, S. 15.

2) Walter, Eine Studie über die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse im Bodenseebecken. Freiburg i. B. 1892.

3) Kremser, Ueber meteorlog. Beobachtungen einer Ballonfahrt vom 23. VI. 1888. Vortrag in Berlin. Zweigverein d. deutsch. meteorol. Gesellsch. Zit. nach Bubenday, Handb. d. Ing. Wissensch. 4. Aufl. Leipzig 1905, 3. Teil, 1. Bd., S. 5.

4) Assmann und Berson, Wissenschaftl. Lustfahrten, Berlin 1899—1900.



Die Bodenwärme ist im einzelnen hauptsächlich abhängig von Wärmekapazität, Wärmeleitungsfähigkeit, Wasser und Luftgehalt, Struktur, Farbe und Decke des Bodens (Einfluß der Lage s. S. 251).

Als Einheit zur Berechnung der Wärmemengen dient die Kalorie (s. S. 238).

§ 87. a) Die Wärmekapazität oder die spezifische Wärme, also diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur der Einheit um $1^{0}$ zu erhöhen, ist für Böden i. allg. gering. Sie beträgt für die hauptsächlichsten festen Anteile nach Lang [1]) pro ccm:

| | auf Volumen Kalorien: | auf Gewicht Kalorien: |
|---|---|---|
| Quarzsand | 0,517 | 0,196 |
| Kalk | 0,582 | 0,214 |
| Ton | 0,576 | 0,233 |
| Torf | 0,601 | 0,477—0,507 |

Dem Volumen nach sind also die Unterschiede gering.

Wasser hat dagegen eine Wärmekapazität von 1,0, Luft von 0,000 306; je nach den Anteilen dieser beiden, besonders des Wassers schwankt daher die Erwärmungsfähigkeit bedeutend (vgl. a. S. 246). „Kalter" Boden ist ungefähr gleichbedeutend mit nasser Boden, „warmer" mit trockenem, wenigstens im Volksgebrauch. Bei mittlerem Wassergehalte bestehen jedoch zwischen den Hauptbodenarten nach den Berechnungen von Mitscherlich keine nennenswerten Unterschiede.

§ 88. b) Die Wärmeleitungsfähigkeit der festen Bodenbestandteile ist gering, man bemißt sie in Kalorien nach derjenigen Wärmemenge, die durch eine ebene Schichte der betr. Substanz von 1 cm Dicke und 1 qcm Querschnitt pro Sekunde hindurchgeht, wenn die Temperaturdifferenz zwischen beiden Seiten $1^{0}$ C beträgt.

Die Leitungsfähigkeit betrug für:

| | |
|---|---|
| Silber | = 1,096 |
| Marmor | = 0,0082 |
| Granit | = 0,0076 |
| Gneis | = 0,0082 |
| Porphyr | = 0,0084 |
| Wasser b. $4,1^{0}$ | = 0,00124 |
| Luft b. $10^{0}$ | = 0,000 0538 |

Vgl. Müller-Pouillet, Lehrbuch d. Physik, 1907, 10. Auflage, III. Band, 4. Buch. S. 778.

Von wesentlichem Einfluß sind auch für die Wärmeleitung des Bodens das Verhältnis der festen Anteile zum Wasser- und Luftgehalt. Da die Luft ein 20 mal schlechterer Leiter ist, als Wasser, zeigen feinkörnige, lockere, gekrümelte, trockene Böden auch geringere Leitfähigkeit.

Wasser ist überhaupt auf den ganzen Wärmehaushalt eines Bodens von hervorragender Bedeutung. Es besitzt eine hohe Wärmekapazität, teilt eindringend seine Wärme den Bodenschichten mit und bindet Wärme beim Verdunsten.

Man kann annehmen, daß für ein kg verdunstetes Wasser rund 600 kg cal. Wärme nötig sind, die hauptsächlich dem Boden entzogen werden. Eine Melioration, die den Wasservorrat mindert (Senken des Grundwassers, Drainage) steigert die Bodenwärme im allgemeinen.

1) Lang, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik. Bd. 1, S. 109, zit. nach Mitscherlich, Bodenkunde, Berlin 1905, S. 26.

Dunkle Böden erwärmen sich höher, rascher und tiefer als hellere; Pflanzendecken mildern die Temperaturextreme. Lebende Bodendecken wirken durch Wasserverbrauch und vermehrte Wärmeausstrahlung auch auf die Wärmehaltung des Bodens, vgl. S. 254. Auch der Wind beeinflußt die Bodenwärme durch seine Temperatur an sich, weiterhin aber durch sein Vermögen die Verdunstung zu beschleunigen.

§ 89. c) Die Wärmeverteilung im Boden geschieht in der Hauptsache von der Oberfläche aus, hier ist die Stelle für Wärmeeinnahme und Ausgabe (Absorption und Emission). Daher ist die Temperatur tieferer Bodenschichten von jener der Oberfläche abhängig. In unseren Gebieten ist für die oberste Bodenlage Erwärmung von 40—50° C beobachtet worden.

Die Temperaturen der verschiedenen Bodentiefen suchen sich gegenseitig auszugleichen, daher die Temperaturgefälle, welche bei wärmerer Oberfläche (Sommer- und Tageszeit) hauptsächlich von oben nach unten zu verlaufen, bei kälterer Oberfläche (Winter- und Nachtzeit) umgekehrt, von der Tiefe nach der Höhe zu. Diese Temperaturgefälle bewirken auch eine unterirdische Taubildung, die gleichsinnig gerichtet ist. Bei der geringen Leitungsfähigkeit des Bodens für Wärme stellen sich Maxima und Minima natürlich nicht gleichzeitig in den verschiedenen Bodenschichten ein. So trat nach den Beobachtungen von Müttrich[1]) in der Zeit vom 15.—30. Juni 1889 in Eberswalder Sandboden schon bei 15 cm Tiefe Maximum und Minimum erst 2 Stunden später als an der Oberfläche auf, in 30 cm Tiefe verzögerte sich das Minimum um 6, das Maximum um 6—8 Stunden. Bei 0,75—1,0 m werden die täglichen Schwankungen kaum meßbar. Die täglichen Temperaturschwankungen steigen an sich mit abnehmender und fallen mit zunehmender Bewölkung; daher sind sie bei uns im Winter kleiner als im Sommer.

Aus dem gleichen Grunde wie bei täglichen Beobachtungen fallen auch in der jährlichen Temperaturperiode Minimum und Maximum nicht mit dem niedrigsten und höchsten Stand der Sonne zusammen, sondern treten später ein. Daher hält sich i. allg. der Boden gegen den Winter zu relativ lange warm und bleibt im Frühjahr relativ lange kalt.

Nach der Tiefe zu nehmen auch die jährlichen Temperaturschwankungen ab, bei uns beträgt bei 23 m Tiefe die jährliche Schwankung 0,01°, in den Tropen, wo die Schwankungen geringer sind, wird die Schicht konstanter Temperatur schon bei 6 m erreicht.

Nach Schubert[2]) ändert sich die Temperatur für Mitteleuropa pro Jahr durchschnittlich:

| | Luft: | Boden 60 cm tief: | Boden 120 cm tief |
|---|---|---|---|
| Abnahme von Süd nach Nord pro Breitengrad: | 0,43° | 0,45° | 0,48° |
| Zunahme von West nach Ost pro Längengrad: | 0,07° | 0,01° | 0,02° |
| Abnahme durch Erhebung pro 100 m: | 0,52° | 0,39° | 0,38° |

Oertlich wirken auf die Wärmehaltung des Bodens Wassergehalt, Luftströmungen, absolute Höhen- und spezielle Bodenlage (Exposition, Inklination).

Der Einfluß des Wassers ist bereits dargelegt. Luftströmungen wirken entsprechend ihrer Geschwindigkeit, ihrer Wärme und ihrem Feuchtigkeitsgehalt er-

1) Müttrich, Einfluß d. Waldes a. d. Lufttemp. Met. Zeitschr. 1900, S. 356; zit. nach Hann, Handb. d. Klimatologie, III. Aufl., Stuttgart 1908, Bd. 1, S. 188, in Ratzels Bibliothek geogr. Handbücher.

2) Schubert, Der jährl. Gang d. Luft- und Bodentemperatur — — u. d. Wärmeaustausch im Erdboden. Berlin 1900, S. 11—13.



höhend oder erniedrigend auf die Bodentemperaturen ein. Einfluß der Lage s. u. „Lage des Bodens" S. 251.

Literaturangaben siehe: Vagler, Mitt. d. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt. Stuttgart 1907, Heft 1, S. 48.

## C. Luft und Boden.

Ausführliche Literaturangaben siehe Vagler, Die Bodentemperaturen im Hochmoor und über die Bodenluft in verschiedenen Moorformen. Mitteil. d. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt, Heft 1, Stuttgart 1907, S. 50.

§ 90. Allgemeines. Die Luftschicht, welche die Erde etwa bis ca. 250 km umhüllt, besteht aus einem Gasgemenge; von demselben entfallen nach Volumen — trockener Zustand und Höhe bis 6000 m angenommen — auf die hauptsächlichsten 5 Konstituenten folgende Anteile:

Stickstoff 78,03, Sauerstoff 20,99, Argon 0,94, Kohlensäure 0,03, Wasserstoff 0,01.

In der gewöhnlichen, feuchten Atmosphäre findet sich noch Wasserdampf in wechselnder Menge; dieselbe beträgt im Sommermittel Europas 1,3, im Wintermittel 0,4 Volumenprozente.

Sauerstoff und Stickstoff kommen in der freien Atmosphäre in fast konstanten Verhältnissen vor, der Kohlensäuregehalt variiert, wenn auch nur wenig, nach Ort und Zeit.

Nach Ansicht Schloesings [1]) soll der Ozean der Regulator des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre sein, der bei steigender Temperatur und fallendem Kohlensäuredruck der Atmosphäre Kohlensäure abgibt und umgekehrt. An der Bodenoberfläche fand man etwas höhere Zahlen, ebenso nach starken Niederschlägen, was durch Austausch des (höheren) Kohlensäuregehaltes des Bodens gegen jenen der Atmosphäre erklärt werden kann.

Während der Nacht steigt der Kohlensäuregehalt im Durchschnitt um ca. 10 %; er ist ferner nach den Untersuchungen Reisets [2]) über bebautem Boden etwas niedriger und betrug z. B. über einem Rotkleefelde im Juni 2,898, über Gerste 2,892 auf 10 000 Teile.

Das Luftsauerstoffprozent schließt geringe Mengen für Ozon ($O_3$) und Wasserstoffsuperoxyd ($H_2O_2$) ein (0,01—0,02 g p. cbm), die mit der Höhe zunehmen, in bewohnten Räumen und in verdorbener Luft aber fehlen.

Neben freiem Stickstoff enthält die Luft noch in geringem Umfang gewisse Stickstoffverbindungen (Ammoniak, Salpeter-, salpetrige Säure), wovon insgesamt im 10 jährigen Durchschnitt nach den Befunden von Miller [3]), Rothamsted, 3,7—5 kg pro Jahr und ha an den Erdboden gelangen.

Die neuentdeckten Edelgase: Helium, Xenon, Neon, Krypton sind nur in Spuren in der Atmosphäre anzutreffen, ebenso Sumpfgas ($CH_4$), welches sich bei der Fäulnis bildet.

Oertlich können dagegen schweflige Säure, Salzsäure und Fluorverbindungen von Bedeutung werden, weil sie die Vegetation benachteiligen (Rauchschäden).

Staub, Ruß, Mikroorganismen sind fernerhin als Verunreinigung der Luft besonders in der Nähe von Industriezentren und dicht bewohnten Gebieten anzutreffen.

1) Schlösing, Compte rend. Tome 90, 1880, S. 1410.
2) Reiset, Compte rend. 1879. Tome 88, S. 1011.
3) Miller, Procedings of the Chemical Society, Vol. 18, Vol. 250, No. 88 und 89, zit. nach Biederm. Zentralbl. f. Agrikulturchemie, 1905 S. 1.



Im Park von Montsouris befanden sich nach Miquel[1]) 345, in Paris 4790 Bakterien in 1 cbm Luft. Nach Rubner[2]) enthält 1 cbm Luft durchschnittlich:

| | Land: | | Stadt: |
|---|---|---|---|
| Bakterien u. Schimmelpilze: | 500 | bis | 7 000 |
| Wassertröpfchen in Wolken: | 700 000 000 | | |
| Staubteilchen: | 5 000 000 000 | bis | 45 000 000 000 |

Nach Ebermayer[3]) zeigt die Luft im Walde gegen jene außerhalb desselben nur unwesentliche Unterschiede, auch ein höherer Ozongehalt hat sich nicht nachweisen lassen; sie ist aber reiner an organischen Beimengungen, speziell keimfreier als die Luft der Städte.

Gleiches gilt für See- und Gebirgsluft. Erstere enthält etwas Salz (0,2 g : 2000 l) und Spuren von Jod.

§ 91. a) Die Zusammensetzung der Bodenluft zeigt höhere Zahlen für Kohlensäure, niedrigere für Sauerstoff, verschieden nach Zeit und Ort. Als durchschnittliche Menge kann in den oberen Bodenlagen 0,3 Vol. % gelten.

Besonders dort, wo sich verwesende organische Substanzen im Boden vorfinden, steigt der Kohlensäuregehalt. Da diese Umsetzung ferner durch die Temperatur stark beschleunigt wird, ist im Sommer der Kohlensäuregehalt des Bodens i. allg. höher als im Winter.

Unter sonst gleichen Verhältnissen steigt der Gehalt an Kohlensäure nach der Tiefe des Bodens zu; vielleicht hängt dies zusammen mit dem Gehalt der Bodenluft an Wasserdampf, die in tieferen Schichten damit gesättigt ist und dadurch für Kohlensäure absorptionsfähiger wird.

Im Moor fand Vagler[4]) den Kohlensäuregehalt der Bodenluft variierend zwischen 0,1—4,4 Vol. %, für Sauerstoff zwischen 12,8 und 20,9 Vol. %.

Nach den Versuchsergebnissen von Ebermayer[5]) wird die Bodenluft in dem Maße sauerstoffärmer als sie kohlensäurereicher wird.

Es enthielten im Gesamtmittel 100 Volumenteile Bodenluft:

| | in 15 cm Tiefe | | | in 70 cm Tiefe | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | O | N | $CO_2$ | O | N |
| unter Buchenpflanzen | 0,62 | 20,47 | 78,91 | 1,19 | 19,85 | 78,96 |
| „ Fichtenpflanzen | 1,13 | 19,77 | 79,10 | 9,39 | 13,68 | 76,93 |
| „ Moosdecken | 1,93 | 19,14 | 78,93 | 7,98 | 13,83 | 78,19 |
| „ Grasnarben | 0,60 | 20,12 | 79,28 | 4,13 | 17,62 | 78,25 |
| im nackten Boden | 1,19 | 19,93 | 78,88 | 7,02 | 15,61 | 77,37 |

Diese Zahlen zeigen zugleich, daß auch die Pflanzenart die Zusammensetzung der Bodenluft spezifisch zu beeinflussen vermag. Neuere Untersuchungen vgl. Albert, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1912, S. 655. Auf die Vegetation wirken speziell starke Kohlensäurehäufungen schädigend, daher ist

§ 92. b) die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens ein wichtiger Faktor für das Gedeihen der Pflanzen, welche für die Wurzeltätigkeit Sauerstoffzufuhr und Kohlensäureabfuhr nötig haben.

Die Durchlüftung des Bodens resp. seine Durchlässigkeit für Luft ist hauptsächlich abhängig von Korngröße, Lagerung, Wassergehalt, Temperatur.

1) Miquel, s. Ref. Meteorol. Zeitschr. 1892, S. 103.
2) Rubner, Lehrb. d. Hygiene, VIII. Aufl. Leipzig und Wien 1907, S. 59.
3) Ebermayer, Die Beschaffenheit der Waldluft. Stuttgart 1885.
4) Vagler, Mitteil. d. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt. Stuttgart 1906, Heft 1. S. 30.
5) Ebermayer, Allg. Forst- und Jagdzeitung, 1890, S. 174.

Grobkörnige, kolloidarme Böden, Böden in Krümelstruktur, mit geringem Wassergehalt und niedriger Temperatur sind luftdurchlässiger als unter umgekehrten Verhältnissen. Steigender Wassergehalt verkürzt natürlich den Anteil der Luft am gemessenen Volumen Boden (Luftkapazität). Ebenso steigende Temperatur, weil sich dadurch das Volumen der Luft vergrößert, ihr spezifisches Gewicht abnimmt und durch verstärkte Reibung der Luft an den Bodenteilchen die Zirkulation erschwert wird. Frost hemmt die Luftbewegung besonders nasser Böden durch Eisbildung.

Bei Böden verschiedener Lagerung und Korngröße richtet sich natürlich die Durchlässigkeit nach der dichtesten Lagerung und der geringsten Korngröße.

Schichtige Eisen-, Kalk-, Mangan- und Humusverkittungen (Ortstein) mindern wie die Wasserzirkulation, so auch den Gasaustausch des Bodens bedeutend.

Als Maß für die Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens für Luft dient die Luftmenge, die unter bestimmtem Druck und bestimmter Temperatur eine Bodenschicht bestimmter Dimensionen passiert. Vgl. Heinrich, Beurteilung d. Ackerkrume, Wismar 1882, S. 22; Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik 1886, Bd. 9, S. 273 u. Bd. 16, S. 193; Kopecký, Die physikalischen Eigenschaften d. Bodens, Prag 1904, S. 45; Literaturzusammenstellung bei Vagler, Mitt. d. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt, Stuttgart 1907, Heft 1, S. 50.

## IV. Kapitel.

## Lage, Bau, Ausformung und Decke des Bodens.

Die Eigenschaften des Bodens erleiden mannigfache Beeinflussung, welche durch

### A. Die Lage des Bodens

bedingt sind. Dabei handelt es sich einmal um die allgemeine geographische, sodann um die besondere örtliche Lage.

§ 93. Allgemeines. Die Standortsbeschreibung nach dem Beschlusse des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten vom 3. September 1908 verlangt daher Angaben über geographische Lage (Breitengrad, Längegrad) Lage zum Meer, absolute Höhen usw.

Die Einflüsse der geographischen Lage auf den Boden sind meist klimatische und erklären sich durch die meteorologischen Daten und nach den gemachten Ausführungen i. allg. von selbst.

Von den örtlichen Einflüssen sind hier besonders Exposition, Inklination und Wind zu nennen.

Exposition ist die Neigungsrichtung einer Fläche und wird nach der 8 teiligen Windrose (Nord, Nordost, Ost, Südost usw.) bestimmt.

Inklination ist die Neigung einer Fläche gegen die Ebene und wird nach Graden oder in Gefällprozenten ermittelt.

Zur Bemessung der Bodenneigung dienen folgende Ausdrücke:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eben oder fast eben | | 0—5° | oder | 0—8 % |
| sanft oder schwach geneigt | zwischen | 5—10° | „ | 8—16 % |
| abschüssig (lehn) | „ | 10—20° | „ | 16—32 % |
| steil | „ | 20—30° | „ | 32—48 % |
| sehr steil oder schroff | „ | 30—45° | „ | 48—70 % |
| sehr schroff | über | 45° | über | 70 % |



§ 94. a) Exposition und Inklination sind von Einfluß auf Wärme- und Wasserhaltung des Bodens, auch der Einfluß des Windes auf Böden wird dadurch variiert.

Südliche Expositionen empfangen z. B. mehr Wärme und mehr Licht als Nordhänge; im Herbst und Winter ist das besonders bei uns von Ausschlag, im Sommer weniger, weil bei Neigung von ca. 10° die Sonnenstrahlen den senkrechten Einfall überschreiten. Südhänge sind daher im Frühjahre rascher erwärmt, im Sommer sind sie trockener als Ost-, West- und Nordseiten. Die Trockenheit wächst natürlich mit dem Neigungswinkel, damit steigen auch die Mengen des oberflächlich abfließenden Wasser und die Abschlämmung der festen Bodenteilchen. Vgl. auch S. 244 u. ff. und Wallenböck: Die klimatischen Unterschiede auf Nord- und Südlehnen in ihrer Beziehung zum Wassergehalte des mit Altholz bestandenen und abgestockten Waldbodens, Zentralblatt f. d. gesamte Forstwesen 1911, S. 51.

§ 95. b) Die Wirkung des Windes wird an sich bestimmt durch Stärke und Dauer der Luftbewegung.

Die Stärke der Windbewegung nimmt mit der Höhe zu. Wissenschaftliche Ballonfahrten fanden, die Windstärke an der Erde zu 1 angenommen bei 500 m = 1,75, bei 3500 m 2,5, bei 5500 = 4,5. Auf dem Eiffelturm soll die Windstärke bei 300 m 3—4 mal größer als in 21 m Höhe, d. i. diejenige der meteorologischen Zentralstation zu Paris, sein.

Der während der Vegetationszeit herrschende Wind ist in vielen exponierten Gebieten (Küsten, Gebirgslagen) für Sein und Nichtsein eines Pflanzenbestandes von Ausschlag [1]).

Südwestlagen, die in bezug auf Wärmeeinstrahlung gleiche Verhältnisse wie Südostlagen haben, verhalten sich ungünstiger für den Pflanzenwuchs, hauptsächlich weil sie dem Einflusse der vorherrschenden Südwestwinde ausgesetzt sind. Nach Beobachtungen von Köppen [2]) entfielen in Mitteldeutschland von 516 Stürmen in den Jahren 1876—1887 = 60 oder 17,6 % auf östliche, 456 = 88,4 % auf westliche Richtungen.

§ 96. c) Täler zeigen im Berg- und Talwind besondere Luftströmungen, die sich bergwärts am Tage und talwärts während der Nacht bewegen.

Wie die Täler zeigen auch Berge eigene Verhältnisse zu den Einflüssen von Wärme, Wasser, Wind. Ueberragende Berghöhen (Hochlagen) unterliegen von allen Seiten den Witterungseinflüssen und zwar um so mehr, je isolierter sie gelegen sind. Der Boden ist meist flachgründig, steinig, erdarm durch Verwaschung und was die Vegetation anlangt, dürftig.

§ 97. d) Geschützte Hochlagen zeigen, durch die höhere nachbarliche Umgebung geschützt, gemilderte Verhältnisse.

§ 98. e) Verschlossenen Tieflagen, d. h. gegen das Bodenniveau stark abfallende Einsenkungen, erhalten wenig Wärme, Licht und Wind, sie sind kalt, naß und spezifische Frostlagen (Frostlöcher).

1) Vergl. Emeis, Ungünstige Einflüsse von Wind und Freilage auf die Bodenkultur. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1902, S. 441; 1903, S. 444; 1905, S. 365; 1907, S. 1. Eifert, Forstl. Sturmbeobachtungen im Mittelgeb. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1903, S. 323, 363, 413. Bargmann, Die Verteidigung und Sicherung des Waldes gegen die Angriffe und die Gewalt der Stürme. Ebenda 1904, S. 81, 204, 241.

2) Köppen, Meteorol. Zeitschr. 1889, 6, S. 114, zit. nach Ramann, Bodenkunde, III. Aufl. 1911, S. 516.



## B. Der Bau des Bodens.

§ 99. Allgemeines. Auf Einflüsse von Klima, Tier und Pflanze ist im Wesentlichen auch die unterschiedliche Lagerung des Bodens zurückzuführen, welche bei einem Aufschluß des Bodens, etwa durch einen Einschlag, im Bodenprofil sichtbar wird.

Bei landwirtschaftlichen Böden, welche mehr der ständigen Bearbeitung unterliegen, unterscheidet man zwischen „Ackerkrume" oder „Oberkrume" und Untergrund. Die Ackerkrume ist die oberste Bodenschicht, die regelmäßiger Bearbeitung unterliegt, und in der sich die Wurzeln hauptsächlich verbreiten; der Untergrund ist der darunter liegende Boden.

Gewachsene (forstliche) Böden lassen gewöhnlich nach der Tiefe eine Dreiteilung erkennen, die als Oberboden, Unterboden und Untergrund auseinandergehalten werden.

§ 100. a) Der Oberboden (auch Dammerde genannt) ist vermöge seiner Lage die humusreichste und am stärksten verwitterte Bodenlage; sie ist in normalen Böden gut gekrümelt, reich an Kleintieren und Mikroorganismen, enthält im allgemeinen mehr lösliche also weniger unlösliche Nährstoffe wie der Unterboden und der Untergrund.

§ 101. b) Der Unterboden liegt unter dem Oberboden und beginnt gegen diesen in der Regel dort, wo die Humusfärbung undeutlich wird und die Verwitterungsvorgänge weniger stark hervortreten. Die Waldbäume verbreiten ihre Wurzeln hauptsächlich in dieser Schicht, die hinsichtlich physikalischer und chemischer Eigenschaften im allgemeinen in der Mitte zwischen Oberboden und Untergrund steht.

§ 102. c) Der Untergrund oder Rohboden schließt das am wenigsten von der Oberflächenverwitterung angegriffene Material, bei Verwitterungsböden häufig noch größere Felsbruchstücke ein. Er ist dichter gelagert, arm an löslichen, reicher dagegen im allgemeinen an unlöslichen Pflanzennährstoffen als Ober- und Unterboden. Die Begrenzung nach dem Unterboden ist häufig unmerklich, dichte Lagerung und ursprüngliche Färbung sind dabei wesentliche Argumente, die aber eine gewisse Willkür nicht ausschließen. Ramann [1]) nennt nach dem Untergrund noch den tieferen Untergrund, der bei etwa 1 m beginnen soll.

Wichtig für die Pflanzenernährung ist besonders das Verhältnis der unteren Lagen zum Wasser. Dichte, schichtige Lagerung hemmt die Durchlüftung, den Eintritt der Tagewässer, aber auch den kapillaren Aufstieg des Grundwassers, das sich in diesen Tiefen vorfinden kann. Ton-, Eisen-, Kalk-, Ortsteinverkittungen sind hier wiederholt als Beispiele zu nennen, aber auch feinkörnige Sande (z. B. Flottlehme) können so dicht gelagert sein, daß sie die Zirkulation von Wasser und Luft beeinträchtigen (vgl. Erdmann, Die Heideaufforstung, Berlin 1904, S. 22).

Wichtig vor allem ist die Oberflächenschicht des Bodens; hier begegnen sich die Influenzen des Bodens und der Atmosphäre und treten in Wechselbeziehung. Dies ist wahrscheinlich ein Grund, daß die „biologischen" Einflüsse, denen der Boden unterliegt, hier ein Optimum haben. Nur in seltenen Fällen tritt uns der natürliche (nackte) Boden oberflächlich ohne Vegetation oder Vegetationsreste entgegen, am wenigsten wohl im Wald, wo

1) Ramann, Bodenkunde. III. Aufl., Berlin 1911, S. 504.





C. Die Bodendecke.

nur ausnahmsweise eine rein anorganische ist.

§ 103. Allgemeines. Entsprechend den Beschlüssen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten bezeichnet man einen Boden als:

1. nackt oder offen, wenn der Mineralboden frei zutage liegt;

2. bedeckt, wenn die Bodendecke aus Bodenstreu besteht, zu der noch lebende Bodenflora und verschiedene Humusformen treten können.

Bei Gegenwart einer Bodenflora heißt der Boden:

benarbt (begrünt), wenn ihn die Bodenflora nur locker bedeckt;

verwildert, wenn ihn die Bodenflora vollständig verschließt und stark durchwurzelt.

Im allgemeinen mindern Bodendecken die Temperaturextreme; (Ausnahme: Steindecken) d. h. am Tage und in der warmen Jahreszeit sind bedeckte Boden kühler, zur Nacht- und Winterzeit dagegen wärmer als unbedeckte Böden.

Tote Bodendecken setzen außerdem die Wasserverdunstung herab und mehren dadurch Wassergehalt und Sickerwassermengen.

Lebende Bodendecken wirken ebenso, was die Temperatur anlangt, Wassergehalt und Sickerwassermengen werden dagegen durch Wasserverbrauch der Pflanzen während der Vegetationszeit herabgedrückt.

Anorganischer Art sind Stein- und Schneedecken.

§ 104. a) Steine sind als feste, kompakte Massen bessere Wärmeleiter als der lockere Boden; daher steigern steinbedeckte Böden die Temperaturextreme. Wasser findet sich mehr, weil die Verdunstung der reduzierten Oberflächengröße eine geringere ist.

§ 105. b) Schnee leitet Wärme um so schlechter, je lockerer er liegt; schon mäßig starke Decken beeinflussen die Temperatur des unterliegenden Bodens in erwähnter Weise; daher dringt unter Schnee der Frost weniger tief in den Boden ein.

Beim Auftauen gleicht sich Boden- und Schneewassertemperatur aus; je langsamer das Auftauen erfolgt, je mehr nimmt der Boden Wasser auf. Das trifft für den Wald häufiger ein, weil natürlich auch der anstehende Waldbestand Temperaturextreme mildert.

Als organische Bodendecken kommen solche von lebenden und von abgestorbenen Pflanzen und Pflanzenteilen in Frage.

§ 106. c) Lebende Pflanzen schatten den Boden, mäßigen Temperatur und Einflüsse des Windes auf denselben, brauchen aber viel Wasser zur Lebenstätigkeit; je höher sie sind, je dichter sie stehen, um so ausgesprochener ist die Wirkung. Daher sind im allgemeinen die Sickerwassermengen und der Grundwasserstand im Walde niedriger als im brachen Felde.

Nach den Untersuchungen von Schubert[1]) ist der Waldboden im Sommerhalbjahr in Tiefen von 60—120 cm im Monatsmittel bei Kiefern um 2,7°, bei Fichten um 3,0°, bei Buchen um 3,2° kühler als der Freilandboden. In den Wintermonaten ist der Waldboden dagegen ein wenig wärmer, doch nicht in Höhe der sommerlichen Abkühlung.

Ebenso wird die Wasserzufuhr zum Boden durch die Waldpflanzen beschränkt[2]): von den atmosphärischen Niederschlägen bleiben im Durchschnitt ein Viertel bis ein

1) Schubert, Der jährl. Gang d. Luft- und Bodentemperatur. Berlin 1900, S. 22.
2) Vergl. Bühler, Ber. ü. d. 23. Vers. d. Württemb. Forstvereins zu Neuenbürg, 1908, S. 26.



Drittel in den Baumkronen hängen und verdunsten, ohne dem Boden zuzufließen, 3—5 % fließen am Baumschaft herunter; an den Aesten verdunsten nach Ney[1]) bei Buche 15, bei Kiefer 20, bei Fichte $33^1/_3$ % der Niederschläge. Geringe Niederschläge besonders in feinster Verteilung, erreichen selten den Boden, und zwar um so weniger, wenn sie dort zunächst von einer Waldbodenflora oder einer toten Bodendecke (Humus) aufgenommen werden. Holzart, Alter, Schluß der Bestände, Stärke der Niederschläge bedingen Verschiedenheiten. Ueber Veränderung in der Zusammensetzung der Bodenluft durch einen Waldbestand vgl. S. 250, über seinen Einfluß auf Struktur S. 233, auf Verwitterung S. 184.

Zahlenmaterial über Bodendecke, Bodenart und Sickerwassermengen s. u. a. Wollny, Untersuchungen ü. d. Einfluß d. Pflanzendecken a. d. Sickerwassermengen, Forsch. a. d. Gebiete d. Agrikult. Physik 1894, S. 194 und Bühler, Unters. ü. Sickerwassermengen. Mitt. d. schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen 1895, Bd. 4, S. 203—248.

Die lebende Waldbodenflora ist hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zeitlichem Wechsel unterworfen, weil am gleichen Ort unter dem Einfluß des wachsenden Bestandes die Vegetationsverhältnisse des Bodens Aenderungen erleiden. Licht, Wärme, Wasser, Nährstoffe, Raum etc. sind einer Bodenflora in der Jugend eines Bestandes in anderem Maße verfügbar als im Stangenholzalter oder bei Hiebreife.

Natürlich tritt dies auf Böden, wo die Holzgewächse nicht die herrschenden oder standortsgemäßen sind (Heiden, Moore), weniger hervor.

Man darf also auch aus diesem Grunde aus dem Resultate einer Standortsbeschreibung nicht zu weitgehende Schlüsse auf die durchschnittliche Beschaffenheit eines Bodens ziehen.

Perennierende Gewächse verdienen bei der Beurteilung mehr Beachtung als einjährige.

Eine ausführliche, tabellarische Zusammenstellung, betreffend die „Abhängigkeit der Pflanzen von den Eigenschaften des Bodens und die Bodenflora im Walde", ist von Vater, Tharand 1906, herausgegeben worden und soll demnächst neu aufgelegt werden. Vgl. auch Ramann, Forstl. Bodenkunde und Standortslehre, Berlin 1893, S. 365.

Die Vorschriften des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten verlangen in der Anleitung zur Standorts- und Bestandsbeschreibung betr. Bodenflora Angaben über:

a) Sträucher und strauchartige Holzgewächse, z. B. Wacholder, Hollunder, Himbeere, Brombeere usw.;

b) krautartige Blütenpflanzen, z. B. Oxalis, Anemone, Balsamine usw.

c) farnartige Gewächse;

d) Gräser und zwar:
1. breitblättrige, saftige Gräser (Vergrasung),
2. schmalblättrige Angergräser mit starker Wurzelentwickelung (Verangerung);

c) Moose. Für den Forstmann sind 4 besonders wichtige Gruppen zu unterscheiden: 1. Astmoose, Hypnum-Arten und deren Verwandte, sie liegen dem Boden lose auf, und ihre Wurzeln dringen nicht in diesen ein; 2. Haftmoose, Polytrichum, Dicranum und sämtliche andere, deren Stengel in den Boden eindringen und am unteren Ende mit Wurzelhaaren besetzt sind; 3. Graumoose (Polstermoose), Leucobryum-Arten; 4. Torf- oder Weißmoose, Sphagnumarten;

f) Beerkräuter (Heidelbeere, Preiselbeere usw.);

g) Heide;

h) Flechten.

---

1) Ney, Forstwiss. Zentralbl. 1901, S. 448.

Physikalischer wie chemischer Art sind die mannigfachen Einflüsse, welche eine

§ 107. d) tote Bodendecke, wie Boden- oder Waldstreu, auf den unterliegenden Boden auszuüben vermag.

Die Bodenstreu besteht in geschlossenen Beständen hauptsächlich aus den Abfällen der vorherrschenden Baumarten (Nadeln, Laub, Ast-, Rinden-, Fruchtteilen usw.). In älteren, gelichteten Beständen mischen sich mehr oder weniger noch Vertreter der niederen Bodenvegetation (Moose, Gräser, Beerkräuter, Heide, Farn usw.) ein. Abgestorben unterliegen diese organischen Reste der Umsetzung. Verläuft dieselbe im Sinne der Verwesung (Kohlensäureverwitterung vgl. S. 208), so hält sich Zugang und Abgang an Streustoffen etwa die Wage, die Streudecke ist dann nicht stärker, als es dem 2—3 jährigen Streuanfall entspricht. Die Streu ist locker gelagert (Moder), mischt sich in mehr oder weniger verwesten Anteilen (milder Humus) dem Boden bei und verbessert denselben chemisch wie physikalisch. Er erhält dadurch auch Zufuhr an den mineralischen Aschenbestandteilen der Streu, die Auswaschung gelöster Nährstoffe wird beschränkt, leichte Böden werden bindiger und wasserhaltender gemacht, schwere Böden gelockert usw. Kurzum ein gesunder Waldboden (Mullerde, Modererde s. S. 262) entsteht, bez. bleibt erhalten. Anders, wenn die Umsetzung im Sinne der Fäulnis verläuft, welche die Stoffe langsamer umsetzt, so daß vom jährlichen Zugang Reste bleiben. Diese Reste häufen sich, lagern sich schließlich fest zusammen und Pilzmizelien verspinnen nach und nach die einzelnen Teile, so daß daraus eine filzige, schneidbare Masse (Trockentorf) entsteht, die dem Wassereintritt und der Durchlüftung Widerstand entgegengesetzt, die Krümelstruktur des Bodens, sein Hohlraumvolumen verringert und durch Fäulnisprodukte die Verwitterung („Humussäureverwitterung“) beschleunigt. Saure Böden: Moorerden, Bleicherden, Humusorterden (vgl. S. 263) sind die Folgeerscheinung.

Die Vegetationsbedingungen werden nach und nach für die Waldbäume auf dem „rückgängigen“ Boden ungünstiger, sie beginnen zu kränkeln und sterben nach und nach ab; Heide, Beerkräuter, Torfmoose usw. treten an die Stelle, die anorganischen Bestandteile des Bodens treten mehr und mehr zurück, ein Moor ist im Entstehen, wenn der Mensch nicht regulierend eingreift. Vgl. Literaturangaben unter Sand- und Humusböden S. 216 u. S. 262.

Sonst findet im allgemeinen die Laubstreu eine etwas raschere Mineralisierung als die Nadelstreu, der Boden erhält dadurch bis zu gewisser Höhe die Stoffe wieder zurück, die ihm die Pflanze entnahm.

Durch vergleichende Untersuchungen fand Wallenböck[1]), daß die Buche physikalisch günstiger den Boden beeinflußt als die Eiche.

Dauernde Streunutzungen machen sich deshalb besonders auf ärmeren Böden durch Verarmung an mineralischen, leichtlöslichen Pflanzennährstoffen fühlbar, auch gewisse physikalische Bodeneigenschaften verändern sich dabei in für das Wachstum der Holzpflanze ungünstiger Weise.

Nach Ramann[2]) zeigte ein Kiefernboden (Talsand) 5. Klasse, der seit 16 Jahren regelmäßig berecht wurde, folgende Unterschiede im Mineralstoffgehalt. Es enthielt ein ha bis zu 1,5 m Tiefe kg (Volumengewicht = 1,5):

1) Wallenböck, Bodenphys. Untersuchungen in Mischbeständen von Eiche und Buche. Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1911, S. 151.

2) Ramann, Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald. Berlin 1890, S. 60 ff.



| | lösliche Stoffe | | Gesamtgehalt | | Unterschied des berechten gegen den unberechten Boden |
|---|---|---|---|---|---|
| | unberechter Boden | berechter Boden | unberechter Boden | berechter Boden | |
| Kali | 1 622 | 589 | 23 040 | 16 380 | — 6 660 |
| Natron | 1 919 | 418 | 10 125 | 8 325 | — 1 800 |
| Kalk | 853 | 551 | 4 747 | 4 117 | — 630 |
| Magnesia | 992 | 778 | 1 462 | 1 372 | — 90 |
| Eisenoxyd | 7 299 | 5 017 | 13 275 | 5 130 | — 8 145 |
| Tonerde | 11 131 | 9 967 | 73 372 | 66 307 | — 7 065 |
| Mangan | 558 | 402 | 2 025 | 765 | — 1 260 |
| Phosphorsäure | 850 | 898 | 2 340 | 1 102 | — 1 238 |
| Schwefelsäure | 180 | 49 | 49 | 180 | — 131 |
| Lösl. Kieselsäure | 14 830 | 12 647 | — | — | — 2 183 |

Dieser starke Verlust ist nicht etwa hauptsächlich durch Wegfuhr des Streumaterials entstanden, was ja natürlich auch gewisse, aber viel geringere Mengen Mineralstoffe enthält, als vielmehr durch Auslaugung. Der Gehalt der geworbenen Streu bei Annahme von 1850 kg pro Jahr würde etwa betragen kg:

| | | Der Verlust durch verstärkte Auswaschung infolge des Streurechens beläuft sich also auf kg: |
|---|---|---|
| Kali | 21 | 6639 |
| Natron | 6 | 1794 |
| Kalk | 107 | 523 |
| Magnesia | 16 | 74 |
| Eisenoxyd | 43 | 8102 |
| Tonerde | 75 | 6990 |
| Mangan | 24 | 1236 |
| Phosphorsäure | 44 | 1194 |
| Schwefelsäure | 4 | 127 |
| Kieselsäure | 168 | 2015 |

Gleichzeitig erfuhr das Hohlraumvolumen (Porenvolumen) der obersten Bodenschicht durch Auslaugung der löslichen Mineralstoffe eine außerordentliche Minderung und betrug nach 2 Untersuchungen:

| | jährlich berechte Fläche | unberechte Fläche |
|---|---|---|
| 0—11 cm | 44,2 %, 47,1 % | 56,7 %, 51,0 % |

Auf reicheren Bodenarten, die Councler[1]) und Ramann (loc. cit.) untersuchten, waren nach längerer Streunutzung analytisch Verluste durch Auswaschung nicht festzustellen; dieselben treten, wahrscheinlich ebenso ein, finden aber in der Analyse nur undeutlich Ausdruck, weil sie innerhalb der Grenzen liegen, welche durch Bodenverschiedenheit und Analysenfehler gegeben sind. Analysen von Streumaterialien s. S. 287, vgl. auch Bd. II, S. 528 u. ff. „Die Laub- und Nadelstreunutzung".

## Dritter Abschnitt.

## Die Einteilung der Böden.

ist heute noch eine verschiedene, je nach den Gesichtspunkten (klimatische, mineralogische, geologische, ökonomische, botanische, physikalische, chemische, einzeln und kombiniert), von denen man dabei ausgeht[2]). Ein absolut bestes System gibt es noch nicht.

---

1) Councler, Untersuchungen über Waldstreu. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1883, S. 121.

2) Als eine Einteilung älteren Datums sei erwähnt: a) Primitiv- oder Verwitterungsböden sind durch Verwitterung des unterliegenden Gesteins entstanden; b) Derivat- oder Schwemmböden sind vom Ort ihrer Entstehung weggeführt und über fremdem Gestein abgelagert worden. Erstere sind meist flachgründiger (steinreicher), decken die Gebirge, letztere tiefgründiger und feinkörniger, finden sich besonders in Talsenken und Ebenen.

§ 108. Allgemeines. Für Zwecke der Standortslehre erfolgt die Einteilung der Böden meist auf Thaerschen Grundlagen; man unterscheidet nach den wesentlichsten festen Bestandteilen (Steine, Sand, Ton, Kalk, Humus): Stein-, Sand-, Lehm-, Ton-, Kalk- und Humusböden.

Diese Klassifizierung ist in der Hauptsache physikalischer Art und geht von der Korn- resp. der Oberflächengröße (s. S. 230) der festen Bodenteile aus; Uebergänge sind häufig.

Hier eine Charakterisierung der einzelnen Arten in großen Zügen:

§ 109. A. Steinböden sind solche, die hauptsächlich aus Steinen bestehen, während der Gehalt an Feinerde zurücktritt. Sie schließen also noch viele unverwitterte Gesteinsanteile ein, besitzen daher eine geringe Wasserkapazität, hohe Wasserdurchlässigkeit, sind trocken, hitzig, neigen zu Trockentorfablagerung; soweit sie überhaupt eine Vegetation tragen können, sind Steinböden absolute Waldböden, besser in nördlicher und östlicher Lage. Wenig tief anstehendes Grundwasser erhöht den Ertrag im allgemeinen.

Der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten bemerkt dazu in seiner Anleitung zur Standortsbeschreibung:

1. Block- und Steinböden, Schuttböden, sowie Geröllböden: Der Durchmesser der vorherrschenden Bestandteile sinkt nicht unter 20 mm (Haselnußgröße);

2. Grus- und Kies-(Grand-)böden. Der Durchmesser der vorherrschenden Bestandteile schwankt zwischen 20 und 2 mm. Grus wird durch Zerfall fester Gesteine gebildet und besteht meist aus eckigen Steinbrocken. Kiese (Grande) sind durch Wasser befördert und daher abgerundet.

§ 110. B. Sandböden bestehen hauptsächlich aus Quarz, je geringer dessen Korngröße und je höher die Summe der beigemischten anderen Mineralteile (Feldspat, Glimmer, Apatit, Calciumkarbonat usw.) ist, um so fruchtbarer ist er im allgemeinen. Der Anteil der nach Kühn (s. S. 230) abschlämmbaren Teile (Ton) darf 20 % nicht überschreiten; bei 10—20 % spricht man von lehmigem Sand, bei 5 bis 10 % von mittlerem, unter 5 % von leichtem Sandboden. Je nach Beimengung anderer Bestandteile unterscheidet man: kalkigen, humosen (anmoorigen), mergeligen, lehmigen, eisenschüssigen und gemeinen Sandboden, nach der Korngröße klassifiziert man:

| | | |
|---|---|---|
| grobkörnige Sandböden bei | 2—0,5 mm | Korndurchmesser |
| mittelkörnige Sandböden zwischen | 0,5—0,2 mm | |
| feinkörnige Sandböden zwischen | 0,2—0,05 mm | |

Sandböden besitzen meist Einzelkonstruktur, niedrige Wasserkapazität, geringes Absorptionsvermögen; sie sind daher trocken, hitzig, tätig, durchlässig für Wasser und Luft und zwar um so mehr, je weniger sie Ton und Humus enthalten, je geringer die Oberflächengröße (s. S. 234) ist. Die Verdunstung wird durch leichte Erwärmbarkeit und höhere Korngröße begünstigt, durch die Tiefgründigkeit der meisten Sandböden aber etwas ausgeglichen. Der Bodenwert wird hauptsächlich durch die chemischen Eigenschaften — die mineral. Nährstoffe — bedingt, die aber leicht der Auswaschung unterliegen; Trockentorfablagerungen sind häufig.

Eine Bodenmelioration führt dem Sandboden Material zu, was ihn bindiger, wasserhaltender und nährstoffreicher macht, wie Ton, Lehm, Mergel, Humus und gewisse Düngemittel.

Vergl. Kreuter, Handb. d. Ingenieurwissenschaften, IV. Aufl., Leipzig 1909, Bd. 7, S. 434. Gräbner, Handb. d. Heidekultur. Berlin 1904. Erdmann, Die Heideaufforstung und die



weitere Behandlung der aus ihr hervorgegangenen Bestände. Berlin 1904. van Schermbeek, Erfahrungen über die Oedlandaufforstung im Heidegebiet Nordwestdeutschlands. Notiz z. IV. Hauptvers. d. Deutschen Forstvereins. Wageningen 1903. Metzger, Ueber die Heide in Jütland und deren Aufforstung. Mündener forstl. Hefte. Heft 13, 1898, S. 95. Vergl. weiter die unter Humusböden (S. 262) angegebene Literatur und die Kulturmethoden der Heidesande Bd. II, S. 94.

Besonders feinkörnig sind

a) Die Staubsandböden, welche oft 90% und darüber Staub und Feinsand enthalten und als Flottlehm und Löß große Ablagerungen bilden.

Obwohl fast aus reinem Quarzmehl bestehend, stehen die Flottlehme (auch Flottsande, Heidelehme genannt [1]) durch ihre Feinkörnigkeit in den physikalischen Eigenschaften den Tonböden nahe, sie nehmen viel Wasser auf, sind daher kalt und untätig, verdichten sich und vernässen leicht, neigen zur Trockentorfbildung, und bilden nach dem Austrocknen zusammenhängende Brocken. Milde Flottlehmböden mit gröberer Sandbeimischung zeigen hohe Wasserkapazität, bei gleichzeitiger Wasserdurchlässigkeit, daher gemilderte Eigenschaften. Durch das Fehlen einer porösen Struktur und durch seine häufig schichtige Ablagerung unterscheidet sich der Flottlehm vom

b) Löß, welcher in der am meisten vorkommenden Form des Landlößes eine ungeschichtete Ablagerung staubig-feiner Quarzteile mit etwas kohlensaurem Kalk und wenig anderen Mineralteilen darstellt. Die homogene, lehmige, gelbliche Masse zeigt poröse Struktur und ist von vielen Kanälchen verwitterter Pflanzenwurzeln durchzogen, weshalb Wasser rasch ab- und zugeführt wird. Dieser ungeschichtete Löß, der sich in seiner Ablagerung an kein Niveau bindet, ist wahrscheinlich durch Winde aufgewirbelt und späterhin abgesetzt worden. Für hier und da vorkommende geschichtete, wenig poröse Löße (Seelöße) nimmt man dagegen an, daß sie in Salzseen abgelagert worden seien. Typischer Löß enthält nur wenig Korngrößen über 0,05 mm, 90% des Bodens besitzen einen Durchmesser zwischen 0,01—0,05 mm Partiell ausgewaschener kohlensaurer Kalk findet sich in den Spalten häufig als Kalkkonkretion sog. „Lößkindchen" niedergeschlagen. Vgl. S. 222.

c) Lößlehm ist an Kalk verarmter Löß, die gelbe Farbe des letzteren hat durch diesen Prozeß dunklere Töne angenommen.

§ 111. C. Lehmböden bestehen aus einem Gemisch von tonig-sandigen Teilen; die letzteren überwiegen. Die Summe der abschlämmbaren Teile schwankt zwischen 20—50%; bei 20—30% spricht man von sandigem, mildem, zwischen 30 und 40% von mittlerem, zwischen 40 und 50% von strengem, zähem Lehmboden.

Ein sandiger Lehm zeigt sich in seinen Eigenschaften dem Sand, ein toniger dem Ton (s. S. 260) verwandt. Sandige Lehme sind daher geringer an Korn- und Oberflächengröße, weniger bindig, dagegen leichter erwärmbar und „tätiger", sie neigen mehr zur Krümelung, besitzen geringeres Absorptionsvermögen, geringere Wasserkapazität bei größerem Vermögen Wasser und Luft durchzulassen als tonige, strenge, zähe Lehme.

Diese letzteren sind dagegen im allgem. absolut reicher an Pflanzennährstoffen; wegen ihrer größeren Feinkörnigkeit und dem höheren Gehalt an quellbaren Substanzen (Ton) sind sie weniger durchlässig, kalt und schwer bearbeitbar, besonders empfindlich gegen Austrocknung (Freistellung, Streuentnahme).

1) Vergl. Erdmann, Die Kiefernbestände der nordwestdeutschen Lehmhaide. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1899, S. 1.

Humose (5—10% Humus), kalkige (0,5—5% Kalk) Lehme mit mittlerem Gehalt an abschlämmbaren Teilen, gehören zu den besten, meist landwirtschaftlich genutzten Böden.

Lößlehm ist entkalkter Löß (s. S. 259); Letten ist eine Bezeichnung für zähe Lehme.

Einer Melioration bedarf ein Lehmboden weniger, weil seine physikalischen und chemischen Eigenschaften sich im allgem. auf mittlerer Höhe bewegen. Sandige Lehme macht man bindiger und wasserhaltiger durch Zufuhr von Ton, Humus, Tonmergel, zähe bindet man umgekehrt ab durch Kalk- und Sandbeigabe, wo der Boden (der Untergrund) zu undurchlässig ist, ist eine Drainierung von Vorteil.

§ 112. D. Tonböden sind Böden mit mindestens 50% abschlämmbaren Teilen, Sand, Kalk, Humus teilen sich in den Rest. Je weniger diese Gemengteile ausmachen, um so zäher, plastischer, physikalisch ungünstiger, überhaupt unfruchtbarer wird ein Tonboden, je höher sie sind, um so gekrümelter, fruchtbarer ist er. Entsprechend der niederen Korngröße stehen Wasserkapazität, Kapillarität, Verdunstung und Bindigkeit hoch, die Durchlässigkeit für Wasser und Luft ist gering; Tonböden sind infolgedessen gegenüber Sand und Lehmböden „kälter" „untätiger" und vernässen um so leichter, je strenger und tiefgründiger sie sind, und je undurchlässiger sich der Untergrund erweist. Durch Wasseraufnahme quillt der Ton auf und schwindet im Volumen durch Austrocknung, dadurch können im Boden Risse und Sprünge entstehen. Die Wiederbenetzung mit Wasser erfolgt dann nur langsam; daher sind Tonböden empfindlich gegen Freilegung, der Gehalt an Nährmineralien ist relativ hoch. Humose (5—10% Humus) und kalkige (0,5—5% Kalk) Tonböden geben hohe Erträge, meist sind sie landwirtschaftlich genutzt. Gemeiner Tonboden mit 60—70% und reiner Tonboden über 70% abschlämmbarer Teile hat für die Pflanzenkultur weniger günstige Eigenschaften; als Verbesserungsmittel gelten Kalken, Mergeln, Sandzufuhr, Entwässern, Durchfrieren nach vorheriger Bearbeitung.

Im Walde sind zähe Tone, besonders in höheren Lagen, häufig von Trockentorf überlagert, wodurch die sogenannten „Misse" entstehen.

§ 113. E. Kalkböden sind meist durch Verwitterung kalkiger und dolomitischer Gesteine entstanden. Der Gehalt an kohlensaurem Kalk resp. kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia (Dolomit) schwankt zwischen 30—70%, den Rest machen Beimengungen von Ton, Lehm und Sand aus. Humose Teile treten zurück, weil der Kalkboden „hitzig" und „tätig" ist, organische Anteile also leicht umsetzt. Für die Eigenschaften der Kalkböden ist der Gehalt an jenen beigemischten Anteilen (Ton, Lehm, Sand, Humus) wesentlich; Wasserkapazität, Bindigkeit, Nährstoffgehalt etc. wechseln darnach.

a) Reine Kalkböden mit 50—70% kohlensaurer Kalk geben Wasser rasch ab, setzen organische Gemengteile rasch um, sind als Waldböden daher empfindlich gegen Freistellung und machen große Schwierigkeiten bei der Aufforstung. Diese Eigenschaften mäßigen sich bei abnehmendem Gehalt an Kalk und zunehmendem Maß an Ton, Lehm, Sand, Humus, so daß besonders bei genügendem Wasserzutritt recht fruchtbare Böden entstehen können. Hierher gehören:

b) Die Mergelböden mit 5—30% kohlensaurem Kalk, deren Eigenschaften durch einen höheren Gehalt an Ton, Lehm, Sand, Humus in für die Pflanzen günstigerer Weise beeinflußt werden. Je nach den Anteilen spricht man dann von Ton-, Lehm-, Sandmergel. Diluvialmergel nennt man im norddeutschen



Diluvium häufig vorkommende, schwach bläulich gefärbte Mergel, die meist zäh und fest sind, ähnlich wie der Löß (vgl. S. 259) durch Auslaugung Kalk verlieren, sich dabei gelblichbraun bis braun färben und in Lehm übergehen (vgl. S. 260).

Kohlensaurer Kalk an sich enthält wenig Pflanzennährstoffe, er unterliegt auch leicht der Verwitterung und Auswaschung. Man kennt sogenannte Kalkböden, die in den oberen Schichten so an Kalk verarmt sind, daß sich eine Düngung damit von Vorteil zeigte.

Die Bezeichnung der Kalkböden nach dem Gehalt geht vielfach auseinander.

§ 114. F. Die Humusböden sind Böden, in denen organische Teile die Bodeneigenschaften wesentlich beeinflussen. Sind die organischen Beimengungen gering an Menge, spricht man von Humuserden, sind sie bedeutend, von reinen Humusböden. Grenzen und Einteilung überhaupt werden in der Literatur recht verschieden gehalten.

Humus beeinflußt den Mineralboden in verschiedener Weise nach Art und Verteilung. Humus und Humus ist also nicht gleich. Humusprodukte, die durch Verwesung (Kohlensäureverwitterung vgl. S. 208) entstehen, sind im allgemeinen für die Pflanzenkultur günstiger als jene, die durch Fäulnis (sog. Humussäureverwitterung) hervorgerufen wurden.

Finden sich erstere auf dem Waldboden, bilden sie in der Regel lockere Aggregate, die sich rasch zersetzen; die restierenden Produkte sind absorptiv gesättigt, umgeben mehr oder weniger strukturlos (Kolloide s. S. 227) die einzelnen Körner des Mineralbodens, fördern die Krümelung, erhöhen Oberflächengröße, Absorption und Durchlässigkeit, lockern Tonböden, machen Sandböden bindiger und wasserhaltender, bieten einer Mikroorganismenflora günstigen Nährboden, erhöhen durch ihre Mineralisierung die Menge der aufnehmbaren Nährstoffe etc. [1]).

Humus durch Fäulnis (sog. Humussäureverwitterung) entstanden, liegt dem Waldboden gewöhnlich in stärkerer, (>5 cm) dicht gelagerter, wenig zerstörter (Trockentorf-)Decke auf, hemmt so den Wassereintritt und die Durchlüftung der obersten Bodenschichten, gibt absorptiv ungesättigte humose Stoffe ab, die durch Regen- und Schneewasser nach der Tiefe geführt, den Mineralboden stark angreifen, auslaugen, verdichten, durch Bildung von Orterde, Ortstein den Boden destruieren, kurzum die Entwicklung der Waldpflanzen ungünstig beeinflussen.

Wo die Ablagerung noch nicht sehr mächtig ist, kann man im Walde mit wirtschaftlichen Mitteln versuchen, den Fäulnisprozeß in normale Verwesung überzuführen; man muß dabei die Faktoren verstärken, welche die rascher mineralisierende Verwesung begünstigen. Meist genügt erhöhte Einwirkung von Wärme und Wasser (Lichtung des Bestandes), eventuell verstärkt durch Behacken, Kalken, Unterbringen der organischen Ablagerung mit dem Mineralboden in Tiefen, wo eine Zersetzung möglich ist.

Ist die Auflagerung aber stärker als etwa 15 cm, wird man sie am Platze ohne Aufwendung größerer Mittel kaum beseitigen können.

Diese Böden haben dann schon mehr den Charakter

a) reiner Humusböden, wie sie in den Mooren (s. S. 210) anstehen. Diese reinen Humusböden unterscheiden sich vom Mineralboden durch Ueberwiegen der verbrennlichen Bestandteile, sie haben geringes Volumengewicht, hohe Wasserkapazität, sind schwer durchlässig für Wasser und Luft, einmal mit Wasser gesättigt,

---

1) Vergl. Thaer, Der Einfluß von Kalk und Humus auf die mechanische, physikalische und chem. Beschaffenheit von Ton-, Lehm- und Sandböden. (Göttingen, Preisschrift 1910.) Helbig, Einwirkung von Kalk auf Trockentorf. Forstwissensch. Zentralbl. 1910, S. 271.



erwärmen sie sich nur langsam, sind kalt, neigen zu Auffrieren und Spätfrösten; entsprechend dem hohen Gehalt an quellbaren Körpern, wechselt das Volumen nach dem Wassergehalt. Der Gehalt an Pflanzennährstoffen wird in erster Linie durch die Art der Pflanzen bestimmt, die das Ablagerungsmaterial bildeten (s. S. 211 u. ff.).

Ohne tiefgreifende Meliorationen sind reine Humusböden für die Pflanzenkultur im allgem. nur wenig einträglich. Die Melioration setzt gewöhnlich mit Regulierung der Wasserverhältnisse im Untergrund ein, man senkt den Grundwasserspiegel je nach Art der künftigen Kultur auf 50—70 cm. Dem nachteiligen starken Austrocknen der Oberflächenschicht begegnet man durch Auflage von Mineralboden (Rimpausche Dammkultur) oder Vermischen mit solchem (Sandmischkultur). Dadurch wird der Oberboden fester, verliert an Oberfläche, Kapillarität und Verdunstungsvermögen. Zufuhr von Kalk und künstl. Düngern bringt dann bald den Boden in kulturfähigen Zustand (Torferdeboden, s. u.).

Ueber Kultur der Moorböden vergl.: Protokolle d. Kgl. pr. Zentral-Moor-Kommission, Berlin. — Mitt. d. Vereins z. Förderung d. Moorkultur im Deutschen Reiche. Berlin. Mitt. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt, Stuttgart. — M. Fleischer, Mitt. ü. d. Arbeiten d. Moorversuchsstation in Bremen, I, II, III, Berlin 1883, 1886, 1891. — Tacke, Ueber Moorkultur und Moorkolonisation. Bd. 5 d. Handwörterb. d. Staatswissensch. 1900. -- Schreiber, Neues über Moorkultur und Torfverwertung. Staab bei Pilsen. Jahresschrift d. deutsch-österr. Moorvereins 1900—1902. — Oesterr. Moorzeitschrift (Monatsschrift d. deutsch-österr. Moorvereins) Staab bei Pilsen.

Vergl. auch: Gräbner, Handb. d. Heidekultur. Leipzig 1904. Erdmann, Die Heideaufforstung und die weitere Behandlung der aus ihr hervorgegangenen Bestände. Berlin 1904. Greve, Flachbearbeitungsverfahren bei Heideaufforstungen. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1906, S. 581 und Bd. II, S. 88 u. ff. Ramm, Die waldbaul. Zukunft des württemb. Schwarzwaldes. Heft VI. Unsere Forstwirtsch. im 20. Jahrh. Tübingen 1911. Gully, Ueber die Beziehungen zwischen Vegetation, chemischer Zusammensetzung und Düngerbedürfnis der Moore. Mitteil. d. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt. Heft 3. Stuttgart 1909, S. 1.

Für Waldkultur stehen die Kosten einer Melioration reiner Humusböden im allgem. in keinem Verhältnis zu den aufgewendeten Kosten.

Nach der Anleitung zur Standortsbeschreibung beim forstlichen Versuchswesen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten, S. 18 sind reine Humusböden solche Böden, welche nur aus Humusformen ohne wesentliche Mineralteile bestehen. Weiterhin wird darnach:

1. die Oberflächenschicht der lebenden Moore als Standort mit Moorboden (Flachmoorboden usw.) bezeichnet.

2. Jene Humusform, in welche entwässerter Moortorf bei Bearbeitung (Moorkultur), sowie durch die Tätigkeit von Tieren und durch den Einfluß der Atmosphärilien und torfzerstörender Pflanzen (meist Grasarten) übergeht, wird Torferde genannt. Der von ihr gebildete Boden heißt demgemäß Torferdeboden.

3. Der sog. Alpenhumus[1]) ist gleichfalls eine Humusform ohne wesentliche Mineralteile."

Mischen sich dem Mineralboden Humusteile bei, entstehen

b) Humuserden Nach obiger Quelle sind dieselben einzuteilen in:

A. Humuserden mit vorherrschender Kohlendioxydverwitterung (milde Humuserden — vergl. S. 228).

Die beigemengten Mineralbestandteile lassen ihre natürliche, hauptsächlich durch Eisenverbindungen hervorgerufene Farbe noch deutlich erkennen.

1. Mullerden. Bei ihnen sind die organischen Stoffe in vollkommener Verwesung begriffen. Es bleibt im Mineralboden meist verhältnismäßig wenig, und zwar gleichmäßig zersetzter Humus zurück, der den Boden gleichmäßig durchdringt (Zustand der besten Waldböden); in der Regel verleiht der Humus derartigen Böden eine einheitlich dunkelgelbe, hellbraune bis schwarze Färbung. Bei einem sehr hohen Gehalt des Bodens an Eisenoxyden wird jedoch mitunter der rötlich-braune Farbenton des Bodens geändert. An organischer Substanz besonders reiche Mullerden sind die Schwarzerden (s. S. 216).

1) Ueber das, was man Alpenhumus nennt, gehen die Ansichten auseinander. Vergl. Ebermayer, Forschungen der Agrikultur-Physik, Bd. 10, S. 385 in einer Kritik zu P. E. Müllers „Humusformen". Graf zu Leiningen, Naturwiss. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtschaft. 1908 S. 529, 1909 S. 1, 160, 249. Potonié, Abhandlungen d. Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt. Neue Folge, Heft 55, II. Berlin 1911, S. 70/71.



2. Modererden. Modererde ist mit Mineralteilen gemischter Moder und unterscheidet sich demnach von der Mullerde dadurch, daß der Humus in ihr noch zum größten Teil geformt erhalten ist. Je nach dem größeren oder geringeren Modergehalt kann man unterscheiden:

a) sehr schwach und schwach moderhaltige Böden (Modersand, Moderlehm usw.);

b) moder- bis stark moderhaltige Böden (Lehmmoder, Sandmoder).

B. Humuserden mit ausgeprägter Humussäureverwitterung (saure Humuserden — vergl. S. 228). Die beigemengten Mineralbestandteile sind infolge Wegführung leichtlöslicher (Eisenverbindungen) durch die Humussäuren weiß bis grau gefärbt.

3. Bleicherden. Wo Vertorfung eingetreten ist, wird der Mineralboden unter dem Torf (Moortorf sowohl als Trockendorf) durch Einwirkung von (sog.) Humussäuren mehr oder weniger stark entfärbt infolge der Auslaugung leichter löslicher, mineralischer Bestandteile. Die entfärbte Schicht ist die Bleicherde, speziell z. B. Bleichsand. Sie ist oft durch Humussäure und eingeschwemmte Hummussubstanz mehr oder weniger stark, unter Umständen bleigrau bis schwarz gefärbt, kann aber auch fast gänzlich der Humusbestandteile ermangeln (reine Bleicherde). Da es sich hier um Humussubstanz von torfiger Beschaffenheit handelt, so kann man die humose Bleicherde als mehr oder weniger torfige Bleicherde bezeichnen. Die unmittelbar unter dem Torf lagernde Bleicherde (das Sohlband) ist gewöhnlich torfiger als die darunter liegende Bleicherde.

Ort. Die aus der Bleicherde ausgelaugten mineralischen Bestandteile werden tiefer geführt und bilden häufig durch ihre meist in Verbindung mit Humusstoffen erfolgende Ausscheidung unmittelbar unter der Bleicherde Ort. Nach dem Vorwiegen der betreffenden Bestandteile in den Ausscheidungen wird Humusort, Humuseisenort und Eisenort (seltener) unterschieden. Nach dem Grade der Verfestigung werden die Ortbildungen in Orterde und Ortstein (Humusorterde, Humusortstein usw.) eingeteilt. (Vergl. auch S. 216.)

4. Moorerden (bisher als anmoorige Böden bezeichnet). Bei ihnen treten die Humusstoffe mehr in Erscheinung und die Mineralstoffe zurück; der Gehalt an letzteren läßt sich erst durch nähere Untersuchung, wie Glühen u. dergl. erkennen. Eine Mischung von 15% Humus und 85% Sand hat bereits den Charakter einer Moorerde.

Hierher gehören auch, ohne Rücksicht auf ihre mineralische Beschaffenheit, alle die Böden, die von einer Moorschicht überlagert werden, deren Mächtigkeit im entwässerten Zustande noch nicht 2 dm beträgt."

## Vierter Abschnitt.

## Pflanze und Standort.

Literatur. Schimper, Pflanzengeographie. Jena 1898. Mayr, Waldbau. Berlin 1909. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Aufl., Leipzig 1904. Jost, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. Jena 1908. Nußbaum, Karsten und Weber, Lehrbuch der Biologie. Leipzig 1911 (daselbst auch viele Literaturangaben).

### § 115. Allgemeines.

Das Leben der Pflanze ist — abgesehen von Raum und Zeit — an gewisse Vegetationsfaktoren [1]) (Lebensbedingungen) gebunden, die wie Wärme, Wasser, Licht, Nährstoffe usw. allen Pflanzen, wenn auch in verschiedenem Maße, nötig sind.

Fehlt ein Vegetationsfaktor, oder kommt er nicht in gewisser Höhe zur Einwirkung, unterbleibt die Entwickelung.

Am günstigsten für die Pflanzenproduktion liegen die Verhältnisse, wenn alle Faktoren in optimaler Höhe vorhanden sind, darunter und darüber zeigt die Produktion einen Abfall und hört über ein Minimum oder Maximum hinaus überhaupt auf.

Diese Gesetzmäßigkeit der pflanzlichen Produktion findet man in der modernen Literatur gewöhnlich als sogenanntes Minimumgesetz in folgender Fassung: Die Größe der Produktion richtet sich nach dem im Minimum vorhandenen Produktionsfaktor.

Diese Fassung entspricht nicht mehr dem Stande jetziger Erkenntnis. Wollny [2]) faßte das Gesetz neuerdings wie folgt: Das Erträgnis der Nutzgewächse in

1) Vegetationsfaktor ist ein pflanzenphysiologischer, Produktionsfaktor dagegen ein technischer Begriff; beide sind entgegen häufigem Gebrauch nicht gleichsinnig, Kapital, Arbeit („Intelligenz des Wirtschafters") sind keine Vegetationsfaktoren.

2) Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik, 1897/98, Bd. 20, S. 105.



Qualität und Quantität wird von demjenigen Wachstumsfaktor beherrscht, der in geringster und unzureichender oder dem Maximum nahe gelegener Intensität unter den gerade vorliegenden Verhältnissen zur Wirkung gelangt. Mir [1]) scheint folgende Fassung besser: „Derjenige Vegetationsfaktor beherrscht die Produktion, dessen Einwirkungsgröße von einem Optimum (das zum größtmöglichen Ertrage nötig ist) am weitesten nach einem Minimum oder Maximum zu gelegen ist." Kürzer noch ist jedenfalls die Vatersche [2]) Form: „Die Fruchtbarkeit eines Standorts wird von dessen ungünstigster Eigenschaft begrenzt."

Diese Vegetationsfaktoren sind wie Wärme, Feuchtigkeit, Sauerstoff teils klimatische, teils sind sie, wie die Nährstoffe, an den Boden gebunden. Sie wirken nur kombiniert und vermögen sich teilweise zu ergänzen bzw. zu vertreten. Da aber die Aenderung des einzelnen eine Aenderung im Wirkungswert der anderen bedingt, der nicht optimale Faktor um so höhere Produktion ermöglicht, je mehr die anderen Faktoren in optimaler Höhe einwirken, da ferner jede Pflanze ihre besonderen Ansprüche stellt, diese wieder nach dem Stande ihrer Entwicklung variiert, sich an vorhandene Verhältnisse anpaßt usw., entsteht eine Mannigfaltigkeit der Konstellation, die es erklärlich macht, daß die Forschung in diesen für den Praktiker wichtigen Fragen bisher wenig abschließendes bringen konnte. Wahrscheinlich sind uns auch sämtliche Vegetationsfaktoren noch nicht bekannt. Wären die Ansprüche der jeweiligen Kulturpflanze genau erforscht, läge ebenso genaues vor über die Eigenschaften des Standortes, jene Ansprüche zu befriedigen, so würde es sich in vielen Fällen um ein einfaches Rechenexempel handeln, ob diese oder jene Pflanze anbaufähig und standortsgemäß ist, welcher Vegetationsfaktor in seiner Einwirkung nach oben oder unten zu korrigieren wäre, um das Wirtschaftsziel zu erreichen usf.

Den Waldböden mangelt häufig die Bodengahre.

Als Bodengahre bezeichnet Verfasser einen Bodenzustand, welcher durch harmonisches Zusammenwirken der physikalischen, chemischen und „biologischen" Standortsfaktoren entsteht und der der Pflanze günstigste Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

Nach v. Rosenberg-Lipinski [3]) sind die Kennzeichen des Landwirtes für die Bodengahre folgende:

1. Der Boden hat im Zustande der Gahre ein größeres Volumen, er quillt auf und geht auf wie Brodteig.

2. Er hat eine dunklere Färbung.

3. Er hat stets einen gesunden, normalen Feuchtigkeitsgrad; weder ist er zu naß, noch auch trocknet er aus, sondern er ist frisch und bleibt frisch, selbst in trokkenster Zeit.

4. Er hat einen ganz eigentümlichen, spezifischen Erdgeruch.

5. Er hat eine elastische Lockerheit. Der auf gahren Boden tretende Fuß sinkt nicht ein, sondern findet einen elastischen Gegendruck wie auf einem Polster oder dicken Teppich.

6. Der gahre Boden befindet sich stets im Zustande der Krümelstruktur.

Für den Wald gelten sonst gleiche Verhältnisse, Stiefelabsatz und Spazierstock sind auch hier dem Kenner ein Reagenz zur Bemessung der Bodenlockerheit; Bodenfauna, Flora (Mikroorganismen!!) und Humusverhältnisse liefern ihm weitere An-

1) Helbig, Düngung im Walde, Neudamm 1906, S. 2.

2) Vater, Tharandter Forstl. Jahrbuch, 1909, S. 217.

3) von Rosenberg-Lipinski, Der praktische Ackerbau, Bd. II S. 9, zit. nach von Rümker, Tagesfragen aus dem modernen Ackerbau, I. Heft, IV. Aufl. Berlin 1909, S. 42.



haltspunkte[1]). Ein gahrer Boden zeigt eine zahl- und artenreiche Fauna und Flora, weiter eine lockere, in Verwesung begriffene, geringmächtige Streulage (Mullerde). Wo Regenwurm, Maulwurf, Mühlmaus, einjährige, sich durch Samen verjüngende Pflanzen seltener werden, Moose, Rhizomgewächse, perennierende Arten von xerophyllem Habitus (Heidelbeere, Preiselbeere, Heide) häufiger sind, wo Grau-, Weißmoose und Trockentorf an Platz gewinnen, geht die Bodengahre zurück, die Böden werden untätiger, fester, undurchlässiger für Wasser und Luft — unfruchtbarer mit einem Wort. Eine Melioration hat den hemmenden Faktor aufzusuchen und zu korrigieren. Vermehrte Einwirkung von Wasser und Wärme auf den Boden durch Bestandslichtung, Bodenbearbeitung, Säuberung, Düngung etc. können dabei in Frage kommen; Herstellung eines Mull-, eines gahren Bodens ist das Ziel.

Regulierbar sind wohl alle Vegetationsfaktoren, aber nicht immer mit wirtschaftlichen Mitteln. Im folgenden sollen nur die hauptsächlichsten, in ihrer Wirkung erforschten Vegetationsfaktoren kurze Behandlung finden.

Wie das genannte Produktionsgesetz besagt, sind absolut alle Faktoren gleichwertig. Die klimatischen Faktoren (Wärme, Licht, Wasser, Luft) beeinflussen aber selbst die Vegetationsfaktoren des Bodens, daher sind sie die relativ wichtigsten, sie bedingen mehr, während der Boden spezifiziert.

Aehnlich, wie man für Flora und Fauna durch klimatische Einflüsse bedingte, geographische Verbreitungsgebiete kennt, hat man neuerdings, hauptsächlich auf Arbeiten von Hilgard[2]), Dokutschajew[3]) und Ramann[4]) fußend, auch klimatische Bodenzonen — durch das Klima typisch veränderte Bodengebiete — abgrenzen können. Näheres siehe bei Ramann, Bodenkunde, III. Aufl., Berlin 1911, S. 521.

Das forstliche Bonitierungssystem (mittlere Bestandshöhe als Funktion der Standortsgüte) gibt über die Einzelfaktoren nur einen lockeren Anhalt. Kritisches darüber siehe: Henze, Ueber Bonitäten und Bonitätenbildung. Tharandter Forstl. Jahrb. Bd. 52, 1902, S. 25. Braza, Ueber die Bedeutung d. Standortsanalysen z. Feststellung d. Standortsbonität. Forstwissensch. Zentralbl. 1881, S. 273. Vergl. auch Schoenberg, Ueber d. Zusammenhang zwischen Ertragsleistung und Bodenbeschaffenheit bei der Kiefer. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1910, S. 649. Busse, Zur Klassifikation d. Waldböden. Ebendort S. 568.

Alle chemischen Prozesse sind an gewisse Temperatur gebunden. Auch die im Pflanzenkörper vor sich gehenden Umsetzungen können sich nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen (Minimum — Maximum) abspielen. Innerhalb derselben gibt es ein Optimum. Die nötigen Wärmemengen liefert die Sonne.

§ 116. A. Die Wärme des Bodens, d. h. seine Eigenwärme hat dabei nur geringe Bedeutung, die Wärme der Luft ist dagegen ausschlaggebend (vgl. S. 246 u. 249).

Die Lebensfunktionen der Pflanzen setzen wenig über 0° ein, bei + 40° kommen sie für die Mehrzahl zum Stillstand; sobald die Temperatur + 54° überschreitet, tritt nach Mayr[5]) der Tod ein[6]).

Gegen Ueberhitzung schützt sich die Zelle durch Wärmeableitung, umgekehrt entzieht sie den umgebenden Medien Wärme im Bedarfsfalle.

Sonst ist es mit Ausnahme weniger Punkte (Krater, Fumarolen), auf der Erde

1) Auf die von Remy (Zentr.-Bl. f. Bakteriologie u. Parasitenkunde, II. Abt. 1902, Bd. VIII, S. 657 ff.) zuerst ausgeführten und von Albert (Journ. f. Landw. 1908, S. 347; Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1912, S. 353, 655) auf Waldböden übertragenen Untersuchungen über die chem. Leistung der Bodenmikroben, kann hier nur verwiesen werden.

2) Hilgard, Einfluß des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens, Heidelberg 1893.

3) Dokutschajew, Europ. Schwarzerde, 1883. Sirbirzew, Bodenkunde. Zit. nach Ramann, Bodenkunde, II. Aufl., Berlin 1905, S. 391. Daselbst auch weitere Literatur.

4) Ramann, Die klimatischen Bodenzonen Europas. Sonderabdruck aus d. russ. Zeitschrift Bodenkunde, 1901, Nr. 1.

5) Mayr, Waldbau. Berlin 1909, S. 13.

6) Für niedere Pflanzen scheint die Zahl etwas höher zu liegen; Beispiele s. später. An sich wird für die Zelle natürlich weniger die Außen- als die Innentemperatur maßgebend sein.

nirgends zu warm, nirgends zu kalt, daß nicht eine Vegetation gedeihen könnte; es sind dann andere Faktoren, die ein Pflanzenleben unmöglich machen (Mayr). Schutzmittel gegen Hitze und Kälte sind bisher nicht nachgewiesen worden.

Die Grenzzahlen für Minimum, Optimum, Maximum, die man auch Kardinalpunkte nennt, sind nach Art und Individuum verschieden, sie wechseln selbst bei der Einzelpflanze nach Einzelfunktion (Keimung, Schossen, Fruchtbildung usw.).

Molisch[1]) fand z. B., daß tropische Gewächse bei 2—5° C an Erfrieren zugrunde gingen; andererseits hält die Flora von Jakutsk Lufttemperaturen von —60° C aus, ohne abzusterben. Wasserfreie Samen und Sporen blieben trotz 5tägiger Abkühlung auf —200° nach Brown[2]) und Escombe[2]) noch keimfähig. —

Auch die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Hitze ist spezifisch verschieden. Sorauer[3]) vertritt betreffs der Empfindlichkeit der einzelnen Organe je nach ihrem augenblicklichen Entwickelungsstadium die Anschauung: „daß der Pflanzenteil um so widerstandsfähiger gegen Wärmeüberschuß ist, je plasmareicher und relativ wasserärmer noch die Gewebe sind." Die Dauersporen der Spaltpilze ertragen Temperaturen bis 130° C; lufttr. Samen, je nach Wassergehalt 75—100°.

Lebende, turgeszente Pflanzen sind weit weniger widerstandsfähig. Auch hier stehen wieder niedere Pflanzen an erster Stelle, so sterben die Milzbrandbazillen erst bei längerem Erwärmen auf 75—80°, Gefäßkryptogamen bei einer Temperatur zwischen 50—51° ab.

Unter den verschiedenen Einzelfunktionen ist besonders die Keimung als erster, leicht der Beobachtung zugänglicher Lebensvorgang untersucht worden. Haberlandt[4]) stellte folgende Temperaturen C° fest:

| | Minimum | Optimum | Maximum |
|---|---|---|---|
| Weizen | 3—4,5 | 25 | 30—32 |
| Roggen | 1—2 | 25 | 30 |
| Gerste | 3—4,5 | 20 | 28—30 |
| Hafer | 4—5 | 25 | 30 |
| Mais | 8—10 | 32—35 | 40—44 |
| Reis | 10—12 | 30—32 | 36—38 |
| Tabak | 13—14 | 28 | 35 |
| Zuckerrübe | 4—5 | 25 | 28—30 |
| Rotklee | 1 | 30 | 37 |
| Luzerne | 1 | 30 | 37 |
| Erbse | 1—2 | 30 | 35 |
| Linse | 4—5 | 30 | 36 |
| Wicke | 1—2 | 30 | 35 |
| Lupine | 4—5 | 28 | 37—38 |
| Ackerbohne | 3—4 | 25 | 30 |
| Rizinus | 14—15 | 31 | 35—36 |
| Melone | 12—15 | 35 | 40 |
| Gurke | 12 | 35 | 40 |
| Kürbis | 12 | 33—34 | 40 |

Diese Tabelle zeigt, wie die Grenztemperaturen der Keimung für Pflanzen wärmerer Klimate höher liegen als solche kalter.

Das Wachstum ist an ähnliche Temperaturbedingungen gebunden wie die Keimung.

Vergleichende Versuche von Hellriegel[5]) ergaben z. B. folgende Ernteresultate für Roggen:

1) Molisch, Das Erfrieren d. Pflanzen u. d. Eispunkt. Sitzungsber. g. K. K. Akademie d. Wissensch. zu Wien. Bd. 60, Abt. I, 1896.

2) Brown and Escombe, Proceedings of the Royal Soc. London, Bd. 62, S. 160.

3) Sorauer, Handb. d. Pflanzenkrankheiten, III. Aufl., Bd. I, S. 635.

4) Haberlandt, Die Landw. Versuchsstationen, Bd. 17, 1874, S. 104; ferner: Wissenschaftl. prakt. Untersuchungen auf dem Gebiete d. Pflanzenlebens. Bd. I, 1875, S. 109, 117.

5) Hellriegel, Beiträge z. d. naturwiss. Grundl. d. Ackerbaus. Braunschweig 1883, S. 332.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| konstante Bodentemperatur | 8° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 40° |
| Trockensubstanz: | 23,9 | 22,8 | 32,4 | 49,5 | 42,4 | 47,0 | 31,2 |

Daß die Grenztemperaturen je nach Lage der anderen Vegetationsfaktoren eine Verschiebung erleiden können, wurde bereits gesagt. Die Anpassung der Pflanze an klimatische Faktoren nennt man Akklimatisation oder Akkommodation; die Fähigkeit dazu ist nach Pflanze und Lebensfunktion verschieden und begrenzt.

Interessant sind die Beobachtungen Schüblers[1]), nach denen die in nordischen oder alpinen Klimaten angewöhnte Schnellwüchsigkeit nach 4 bis 5 jährigem Anbau in niederen Breiten resp. geringeren Höhen wieder verloren geht. Umgekehrt verkürzen Sorten mit langer Vegetationsdauer die Vegetationszeit. Hühnermais, der in Hohenheim 1852 in 120 Tagen reifte, wurde in Christiania nach und nach früher, 1857 schon nach 90 Tagen geerntet.

Ueber die Beziehungen der Waldbäume zum Klima sind neuerdings besonders von Mayr[2]) zahlreiche Beobachtungen niedergelegt worden. Sie waren für die folgenden Ausführungen zumeist Unterlage; daß sie weitmaschig und nicht auf enge Verhältnisse anwendbar sind, sei immerhin erwähnt.

Aus vergleichenden Untersuchungen schloß Mayr, „daß auf der ganzen Erde eine Viermonatstemperatur oder Tetratherme von 10° das Minimum ist, das ein Wald zu seiner Existenz verlangt. Als Wald ist dabei eine Ansiedlung von Bäumen von mindestens 8 m Höhe verstanden".

Alle Faktoren (Lage, Wind, Feuchtigkeit etc.), welche die Temperatur beeinflussen, müssen also auch auf die geographische Ausdehnung des Waldgebietes von Einfluß sein.

Meteorologische Untersuchungen haben ergeben, daß sich für mitteleuropäische Verhältnisse mit einer Erhebung von 100 m das Jahresmittel für Temperatur um etwa 0,52° verringert, pro Breitengrad nach Süden aber um 0,43° erhöht. Man könnte also mit den nötigen Unterlagen die Höhe der Wald- und Baumgrenze feststellen. Das geht aber nur in großen Zügen, weil lokale Eigentümlichkeiten (Lage der anderen Vegetationsfaktoren: Wasser, Wind usw.) Aenderungen bedingen.

Die „natürlichen" Waldgrenzen entsprechen ferner durchaus nicht immer den tatsächlich beobachteten, Eingriffe von Tier und Mensch drücken sie zumeist hinunter. Aus diesen und anderen Gründen empfiehlt Hausrath[3]) eine Nachprüfung folgender Angaben, die sich in der Literatur finden:

| | Harz | Lausitzer Bergland | Erzgebirge | Sudeten | Bayr. Wald | Schwarzwald | Vogesen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | m | m | m | m | m | m |
| Waldgrenze | 1000 | 900 | über 1240 | 1200 | 1300 | 1430 | 1300 |
| Baumgrenze | 1140 | 985 | (1350) | 1380 | 1400 | 1500 | 1450 |

Die Vertreter der Waldvegetation machen natürlich auch an die Wärme untereinander spezielle Ansprüche. Dieselben sind im allgemeinen höher bei den Laub- als bei den Nadelbäumen. Daher zeigen die Waldzonen folgende Reihenfolge (s. Mayr, loc. cit. Tafel 1):

| | | |
|---|---|---|
| Palmetum, | innerhalb einer 4 Monatsmitteltemperatur von | 30° |
| Lauretum, | „ „ „ „ | 26° |
| Castanetum, | „ „ „ „ | 22° |

1) Schübler, Die Pflanzenwelt Norwegens. 1873, S. 77 u. ff.

2) Mayr, Die Waldungen von Nordamerika. 1890; ferner Waldbau, Berlin 1909. Fremdl. Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906.

3) Hausrath, Pflanzengeograph. Wanderungen der deutschen Landschaft, Leipzig und Berlin 1911, S. 33; vergl. dort auch Literatur.



Fagetum innerhalb einer 4 Monatsmitteltemperatur von 18⁰
Picetum " " " " 14⁰

Unter weiterem Temperaturabfall geht der Wald in Strauchform über, Flechten bilden endlich den Abschluß.

Die Vegetationszeit selbst braucht nicht 4 Monate zu betragen, sie kann bis 1 ½ Monat zurückgehen; dann erhöhen sich aber die Wärmeansprüche für optimale Produktion.

Südwest-, Südsüdwest- und Westseiten sind bekanntlich die wärmeren und trockeneren Lagen, sie sind es um so mehr, je senkrechter sie sich zu den einfallenden Sonnenstrahlen stellen. Dadurch können sich Verschiebungen um eine Vegetationszone gegen die entgegengesetzte Exposition ergeben. Aehnliches gilt für feuchte Standorte gegenüber trockenen. Vgl. S. 252.

In einem über das Temperaturoptimum hinaus warmen Gebiete verlängert die Waldpflanze ihre Vegetationsdauer, Blattmenge und Blattgröße mehren sich, Bestandsschluß wird früher erreicht, Samenerträgnis und Ausschlagsfähigkeit setzen früher und stärker ein, aber auch früher aus, die Ansprüche an die Bodengüte sind geringer, jene an Wasser in Luft und Boden dagegen höher.

Durch Ueberhitzung leiden besonders junge Waldpflanzen, während Blätter, Nadeln und Zweige der Waldbäume (nach Mayr) sich nicht bis zur Maximalgrenze (54⁰ C) erwärmen „da ihre Temperatur durch das umgebende Medium, durch die Luft auf einen unschädlichen Betrag herabgedrückt wird".

Wie bereits dargelegt, vermögen sich die Vegetationsfaktoren bis zu einem gewissen Grade zu ergänzen. Wärme wird besonders durch Wasser stark beeinflußt und in der Intensität ihrer Einwirkung auf die Pflanze durch

§ 117. B. Das Wasser in Luft und Boden korrigiert (vgl. S. 247). Die Pflanze ist gegen Feuchtigkeit sehr empfindlich und anpassungsfähig. Wir finden Wasser in jeder lebenden Zelle, aber auch in H- und O-Atome gespalten am Aufbau des Pflanzenkörpers beteiligt. Die Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, ist nach Pflanze verschieden; manche vermögen dem gleichen, trockenen Boden noch genügend Wasser für den Lebensprozeß zu entziehen, während andere versagen und unter sonst gleichen physikalischen Verhältnissen an Trockenheit, sogenannter physiologischer Trockenheit, leiden bzw. zugrunde gehen. So besitzen die Xerophyten mancherlei eigenartige strukturelle Eigenschaften (großes Wurzelsystem, geringe Flächenentwicklung der oberirdischen Organe, Haarüberzug, Wachsbedeckung, versenkte Spaltöffnungen etc.), um mit geringen Wassermengen hauszuhalten.

Im Gegensatz dazu zeigen die Hygrophyten schwache Wurzeln, langgestreckte Achsen, große, dünne Blattflächen etc.; sie sind nur bei relativ reichlichen Wasserzufuhren existenzfähig.

Zwischen beiden stehen nach Schimper[1]) die Tropophyten „deren Existenzbedingungen je nach der Jahreszeit diejenigen von Hygrophyten oder von Xerophyten sind. — Die Struktur der perennierenden Teile ist bei ihnen xerophyll, die der nur während der nassen Jahreszeit vorhandenen hygrophyll".

Zu den Tropophyten gehören die meisten unserer Waldbäume, die Kiefer ist nach Schimper xerophyll.

Daß es Pflanzen wie Polygonum amphibium, Ranunculus aquatilis gibt, die sowohl zu Wasser wie zu Lande leben können und sich dann als „Land"- und „Wasserform" d. h. verschieden entwickeln, sei nur angedeutet.

1) Schimper, Pflanzengeographie. Jena 1898, S. 5.



Eine Anpassungsfähigkeit an die natürlichen Wasservorräte ist aber in engerem Kreise selbst bei der Einzelpflanze zu beobachten. An sich ist sie im turgescenten Zustande wasserreicher als bei Plasmolyse; weiterhin sind im allg. die jüngsten Teile wasserhaltiger als ältere. Es ist also der Holzkörper am wasserärmsten, und dieser ist es wieder in seinen ältesten Teilen am ausgesprochensten.

Daher können auch genaue Angaben über den Wasserbedarf der Kulturpflanzen z. Z. nicht gegeben werden. Derselbe variiert besonders stark nach Temperatur, Wind, Boden- und Luftfeuchtigkeit. So fand Risler[1]), daß die Haferblätter bei einem Wassergehalt des Bodens von 10,12 % welkten, wenn die Temperatur 32,7° und die relative Feuchtigkeit 55 % betrug, sie blieben aber frisch bei gleichem Wassergehalte, 24,8° und 79 % relativer Feuchtigkeit.

Daher müssen auch die Zahlen für den Wasserbedarf der Pflanze pro kg Trockensubstanz schwanken, sie werden gewöhnlich zwischen 250—400 kg angegeben.

Für Waldpflanzen liegen Untersuchungen von v. Höhnel[2]) vor, der die Verdunstungsmenge von 100 g Blattsubstanz zum Ausgangspunkt nahm und angibt, daß verdunsteten:

| 1878 vom 1. VI.—1. XII. | Wasser kg | 1879 vom 1. IV.—31. X. | Wasser kg | 1880 | Wasser kg |
|---|---|---|---|---|---|
| Birke | 67,987 | Esche | 98,305 | Esche | 101,850 |
| Linde | 61,519 | Buche | 85,950 | Birke | 91,800 |
| Esche | 56,689 | Birke | 84,513 | Buche | 91,380 |
| Hainbuche | 56,251 | Hainbuche | 75,901 | Hainbuche | 87,170 |
| Buche | 47,246 | Feldulme | 75,500 | Ulme | 82,280 |
| Spitzahorn | 46,287 | Eiche (Stiel-Trauben) | 66,221 | Bergahorn | 70,380 |
| Bergahorn | 43,577 | Bergahorn | 61,830 | Eiche (Stiel-Trauben-) | 69,150 |
| Ulme | 40,731 | Zerreiche | 61,422 | Spitzahorn | 61,180 |
| Eiche (Stiel-Trauben-) | 28,345 | Spitzahorn | 51,722 | Zerreiche | 49,220 |
| Zerreiche | 25,333 | Fichte | 20,636 | Fichte | 14,020 |
| Fichte | 5,847 | Weißföhre | 10,372 | Weißföhre | 12,105 |
| Weißföhre | 5,802 | Schwarzföhre | 9,992 | Tanne | 9,380 |
| Tanne | 4,402 | Tanne | 7,754 | Schwarzföhre | 7,005 |
| Schwarzföhre | 3,207 | Lärche | 114,868 | Elsebeere | 126,200 |
| | | | | Espe | 95,970 |
| | | | | Erle | 93,300 |
| | | | | Linde | 88,340 |
| | | | | Lärche | 125,600 |
| | | Gesamtmittel | 64,930 | Gesamtmittel | 69,880 |
| | | Mittel für Laubhölzer | 78,900 | Mittel für Laubhölzer | 82,520 |
| | | Mittel der Nadelhölzer | 13,488 | Mittel der Nadelhölzer | 11,307 |

Nach dem gleichen Forscher[3]) transpirierten im Mittel auf 100 g Blattrockengewicht (lufttrocken) vom 1. Juni bis 30. November

| | | |
|---|---|---|
| von Laubhölzern, | im Schatten stehend | 44 472 g |
| | in der Sonne stehend | 49 533 g |
| von Nadelhölzern, | im Schatten stehend | 4 778 g |
| | in der Sonne stehend | 4 990 g |

1) Risler, Jahresber. f. Agrikultur-Chemie. 11. und 12. Jahrg., S. 269.
2) von Höhnel, Mitt. a. d. forstl. Vers.-Wesen Oesterreichs. Wien 1881, Bd. II, S. 47, 275.
3) von Höhnel, Wollnys Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik. Bd. II, S. 398.

Der Unterschied zwischen Licht- und Schattenblättern zeigt sich darnach als relativ gering; der gleiche Forscher beobachtete sogar, daß manchmal die Schattenpflanzen mehr transpirierten als die Sonnenpflanzen.

Auf Grund seiner Beobachtungen versucht von Höhnel weiter auf die Transpirationsgröße von ein ha Buchenholzwald zu schließen; er bemerkt dazu (S. 416) selbst: „Es ist sehr gewagt aus der Transpiration eines Baumes auf die ganzer Wälder zu schließen — —"! Die Berechnung ergab, daß unter Zugrundelegung von Blattverdunstung, Blattmenge und Stammzahl transpirierte vom 1./6.—1./12:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eine 115jährige Buche | 8968 kg = pro ha = | bei 600 Stämmen = | 5 380 800 kg |
| | | bei 400 Stämmen = | 3 587 200 kg |
| Eine 50—60jährige Buche | 1793 kg = pro ha = | bei 1300 Stämmen = | 2 330 900 kg |
| Eine 35jährige Buche | 169,5 kg = pro ha = | bei 4000 Stämmen = | 678 689 kg |

Die von Höhnelschen Resultate, die im großen und ganzen zeigen, daß bei uns die Niederschlagsmengen höher sind als die Verdunstung durch Bäume und Wälder beträgt, müssen natürlich eine große Reihe Fehlerquellen einschließen. Er erwähnt solche selbst, weitere Einwendungen siehe bei Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik. Bd. IV, S. 85. 1881.

Die Pflanzen beziehen das ihnen nötige Wasser hauptsächlich aus dem Boden; eine Aufnahme des Wasserdampfes direkt aus der Atmosphäre findet aber auch bei manchen Pflanzen statt (Orchideen); sie ist aber bei höheren Pflanzen nur eine beschränkte. Nach Zerstörung der Wurzel sterben unsere Landpflanzen ab trotz öfterer Benetzung der Sprosse. Viele Moose und Flechten ertragen dagegen längere Zeit den Zustand der Lufttrockenheit (Sporen ebenso).

Wie bereits ausgeführt, ist die Fähigkeit der Pflanzen, sich die Wasservorräte des Bodens (vermittelst der osmotischen Kraft der Wurzelhaare) anzueignen, eine verschiedene; das Gleiche gilt aber auch hinsichtlich der Fähigkeit des Bodens Wasser abzugeben.

Besonders Böden mit hohem Gehalt an löslichen und quellbaren Stoffen können Wasser so festhalten, daß für Pflanzen die Erscheinungen des „physiologischen Welkens" eintreten.

Sachs[1]) beobachtete, daß Tabakpflanzen zu welken begannen, wenn der Wassergehalt des Bodens betrug:

| | | |
|---|---|---|
| Sand mit Humus gemischt | = | 12,3 % |
| Lehm | = | 8 % |
| Grober Quarzsand | = | 1,5 % |

Für Torfboden konstatierte Heinrich[2]) bei Mais und Hafer bereits den Eintritt des Welkens, wenn der Wassergehalt noch 49,7 % des Bodens ausmachte.

In wassergesättigtem Zustande sind natürlich in einem Humusboden für die Pflanzen höhere Wassermengen verfügbar als im Sandboden, weil ersterer eine bedeutend höhere Wasserkapazität besitzt.

Mit zunehmender Temperatur verliert ferner das Wasser an spez. Zähigkeit (s. S. 240) und Zirkulationsfähigkeit; die Wasseraufnahme der Pflanze wird dadurch erschwert. Rysselberghe[3]) kam bei seinen Untersuchungen über die Geschwindigkeit des Wasserdurchtritts durch das Protoplasma bei verschiedenen Temperaturen zu folgenden Zahlen:

1) Sachs, Botanische Zeitung. Bd. 18, S. 123, 1860.
2) Heinrich, Landw. Versuchsstationen. Bd. 18, S. 74.
3) Rysselberghe, Bull. Acad. Belg. (Sciences) 1901, Nr. 3, zit. nach Jost, Vorles. ü. Pflanzenphysiologie, II. Aufl., Jena 1908, S. 38.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur: | 0° | 6° | 12° | 16° | 20° | 25° | 30° |
| Geschwindigkeit d. Wasserbewegung: | 1 | 2 | 4,5 | 6 | 7 | 7,5 | 8 |

Der Eintritt des Welkens (und Absterbens), dem gewisse Pflanzen bei niedriger Temperatur unterliegen (trotz gleichen Wassergehaltes), ist wohl auf Hemmung in der Wasseraufnahme zurückzuführen. Andererseits kennt man Pflanzen, die selbst aus gefrorenem Boden Wasser aufnehmen können (vgl. Kosaroff, Einfl. äuß. Faktoren a. d. Wasseraufnahme. Diss. Leipzig 1897, cit. nach Jost, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. 1908, S. 39). Uloth [1]) fand ferner gelegentlich der Ausräumung eines Eiskellers zirka 60 Keimpflanzen von Spitzahorn (acer platanoides) und ebensoviel von Weizen, welche ihre Wurzeln in die Eisschollen getrieben hatten.

Zuviel Wasser wird von höheren Pflanzen ebensowenig ohne Wachstumsschädigung ertragen wie zu wenig. Eine Anpassung innerhalb gewisser Grenzen findet auch hier statt, die Anpassungsfähigkeit ist ebenso bis zum Individuum verschieden und läßt sich schwer exakt bestimmen, weil bei zuviel Wasser auch die Durchlüftung des Bodens gehemmt wird.

Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, hervorgehoben sei, daß man auf feuchterem Boden im allg. dünne und längere Haupt- und Nebenwurzeln fand, auf trockeneren Plätzen kürzere und dickere bei allgemein höherem Wurzelgewicht.

Bei welchem Wassergehalt des Bodens produziert nun die Pflanze die größte Menge Trockensubstanz?

Wollny [2]) erhielt folgende Zahlen:

Einfluß des Wassers.

| Feuchtigkeit des Bodens in Prozenten der vollen Sättigungskapazität | Zahl | | Gewicht der lufttrockenen Ernte g: | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | der Aehren | der Körner | Körner | Stroh | Spreu | Summa |
| Versuch 1889. Sommerroggen je 5 Pflanzen: | | | | | | |
| 20 | 19 | 196 | 4,60 | 5,5 | 0,2 | 10,30 |
| 40 | 20 | 392 | 11,03 | 14,3 | 0,6 | 25,93 |
| 60 | 22 | 477 | 13,20 | 19,3 | 0,5 | 33,00 |
| 80 | 22 | 601 | **15,12** | **21,0** | **0,6** | **36,72** |
| 100 | 15 | 98 | 2,38 | 3,5 | 0,1 | 5,98 |
| Versuch 1890. Wiederholung (Sommerroggen je 5 Pflanzen): | | | | | | |
| 20 | 8 | 87 | 1,4 | 3,2 | | 4,6 |
| 40 | 11 | 161 | 3,2 | 7,1 | | 10,3 |
| 60 | 10 | 241 | **5,1** | **12,5** | | **17,6** |
| 80 | 11 | 192 | 4,4 | 10,1 | | 14,5 |
| 100 | 1 | 0 | 0 | 0,2 | | 0,2 |

Hieraus ergibt sich, wie die Erträge mit steigender Wasserzufuhr bis zu einer gewissen Grenze (optimum) zunehmen, sich darüber hinaus aber stetig mindern. Daß der Höchstertrag einmal bei 60%, das andere Mal bei 80% der Sättigungskapazität erreicht wurde, kann nicht befremden. Ebensowenig, daß jene fünf Roggenpflanzen trotz gleicher Versuchsanstellung in einem Jahre 36,72, im nächsten nur 17,6 g Summa-Erntegewicht lieferten. Gewisse Wachstumsfaktoren sind eben nur bedingt regulierbar (Licht, Luft, Wärme usw.), auch eine völlig gleichwertige Aus-

1) Uloth, Der Naturforscher, 1872, S. 71, zit. nach Sachse, Lehrb. d. Agrikultur-Chemie 1888, S. 491.
2) Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik Bd. 20, S. 53 u. ff.

wahl des Samenmaterials ist nicht möglich; auf eine mathematische Genauigkeit muß man überhaupt bei solchen Versuchen von vornherein verzichten.

Hellriegel[1]) hatte an landwirtschaftl. Nutzpflanzen — Topfkultur in Quarzsand — bereits früher konstatiert, daß eine Bodenfeuchtigkeit von 20 % der wasserfassenden Kraft die Produktion merklich schädigt und bei 10 % ein Wachstum fast nicht mehr möglich ist.

Weiterhin hat sich neuerdings speziell von Seelhorst[2]) mit dem Einfluß des Wassers auf die Entwicklung der Pflanzen beschäftigt. Seine Untersuchungen ergaben folgende Resultate:

„Die Menge des den Pflanzen zur Disposition stehenden Wassers ist von sehr großem Einfluß auf die Zusammensetzung der Pflanzentrockensubstanz.

Der Verbrauch an Wasser zur Trockensubstanzproduktion hängt nicht nur von der Pflanzenart resp. Varietät und von der den Pflanzen zur Disposition stehenden Wassermenge, sondern auch von der Menge der im Wasser gelösten Nährstoffe ab. Die den Pflanzen in den einzelnen Vegetationsstadien zur Verfügung stehende Wassermenge ist von großem Einfluß auf die Ausbildung der einzelnen Teile, Wurzeln, Halme, Blätter, Blüten und Früchte". Wegen Einzelheiten sei auf die Originalabhandlung verwiesen.

Exakte Untersuchungen über das Verhalten der Waldpflanzen in gleicher Hinsicht liegen nicht vor; sie sind auch schwierig durchzuführen, weil die Größen nach äußeren und inneren Wachstumsbedingungen auch zeitlich wechseln.

In großen Zügen findet sich nach Mayr[3]) eine Waldvegetation — auf sonst normalen Boden — dort, wo während der 4 Monate Mai, Juni, Juli, August (November, Dezember, Januar, Februar auf südlicher Halbkugel) nicht weniger als 50 mm Regen fallen.

Dabei ist zu beachten, daß auch die Niederschläge während der Vegetationsruhe insofern nicht bedeutungslos sind, als sie, mehr durch Böden mit höherer als geringer Wasserkapazität, bis zu gewissem Grade als „Winterfeuchtigkeit" für die kommende Vegetation aufgespart werden.

Der Praktiker kennt den frischen Boden als für alle Waldpflanzen am günstigsten; manche ertragen aber leichter trockenen Boden, wie Birke, Kiefer, Akazie, andere halten auch auf nassem Boden stand, wie Weide, Pappel, Erle, Esche, Ulme u. a. Nasse, saure Böden ertragen u. a. Birke, Erle, Latsche, Fichte.

Stagnierende Nässe, die eine Sauerstoffzufuhr zur Wurzel behindert, wird von den Waldbäumen schlecht ertragen, leichter vorübergehende Ueberstauung von fließendem Wasser.

Je mehr Pflanzennährstoffe i. allg. die Bodenwässer in Wurzeltiefe gelöst erhalten, um so vorteilhafter entwickelt sich natürlich auch der Waldbaum. Daher erweist sich Wasser aus Urgesteinen, Kalkgebieten etc. günstiger als solches aus Hochmooren, Torflagern, überhaupt nährstoffarmen Formationen (vgl. S. 239).

Der Wald selbst vermehrt absolut nicht die Höhe der Niederschläge, nur auf ihre Verteilung übt er gewissen Einfluß. Vgl. Ebermayer, Der Einfl. d. Wälder a. d. Bodenfeuchtigkeit, auf die Sickerwässer, auf das Grundwasser u. a. d. Ergiebigkeit d. Quellen. Stuttgart 1900.

Maßregeln zur Regulierung des Bodenwassers siehe unter Artikel Waldbau,

---

1) Hellriegel, Beiträge zu den naturwissenschaftl. Grundlagen des Ackerbaus. Braunschweig 1883.
2) von Seelhorst, Journal f. Landwirtschaft. Bd. 59, 1911, S. 259.
3) Mayr, Waldbau. Berlin 1909, S. 26.



Bd. II, S. 198. Verfasser möchte aber hier wiederholt darauf hinweisen, wie aussichtsvoll eine vorsichtige Veräußerung der Wasserschätze im Interesse unseres Waldes sein dürfte. Einmal läßt die steigende Tendenz der Holzpreise vermuten, daß die Zeit nicht mehr fern ist, wo eine künstliche Bewässerung im Walde als wirtschaftliche Maßregel empfohlen werden kann, zumal schon jetzt die Industrie ängstlich besorgt ist, sich Wasserrechte zu sichern.

Ueber „Bewässerungsversuche" vergl. Cieslar, Mitt. d. K. K. forstl. Versuchsanstalt Mariabrunn, Wien 1905; ferner Anderlind, Beschreibung und Bewässerung der Waldungen der Ebene mittels Fächer oder Halter. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1903, S. 447. — Derselbe, Streifenbewässerung, daselbst 1904, S. 257. Müller, Horizontale Schutz-, Sicker- und Regenerationsgräben. Forstwiss. Zentralbl. 1904, S. 659 ff. Kreuter, Landwirtsch. Bodenverbesserungen. Handb. d. Ing.-Wissenschaften, IV. Aufl., Leipzig 1907, III. Teil, Bd. VII.

Auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist von hoher Bedeutung für die Pflanzenentwickelung.

Der Wassergehalt der Luft ist abhängig von der Temperatur. Bei 760 mm Barometerstand werden Wasserdampf aufgenommen:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei | — 20° | — 15° | — 10° | — 5° | 0° | + 5° | + 10° | + 15° | + 20° | + 25° | + 30° C. |
| pro cbm | 0,94 | 1,34 | 2,15 | 3,16 | 4,57 | 6,51 | 9,14 | 12,67 | 17,36 | 23,52 | 31,51 g |
| pro kg | 0,77 | 1,19 | 1,76 | 2,59 | 3,75 | 5,34 | 7,51 | 10,43 | 14,33 | 19,47 | 26,18 g |

Hellriegel[1]) resumiert seine hierauf bezüglichen Untersuchungen wie folgt:

„Die relative Feuchtigkeit[2]) der Luft beeinflußt die Größe der Verdunstung im hohen Grade; unter Umständen kann die Wasserausgabe in trockener Luft um das Doppelte über das mittlere Maß hinaus gesteigert und in feuchter Luft um die Hälfte darunter vermindert werden.

Diese Aenderung der Verdunstungsgröße übt aber keinen Einfluß auf die physiologischen Funktionen der Pflanzen, auf ihre Produktion und Gesamtentwickelung aus, so lange die Bodenfeuchtigkeit innerhalb normaler und günstiger Grenzen gehalten wird."

Die Luftfeuchtigkeit beeinflußt auch die Lichtintensität und damit die Assimilationstätigkeit der Pflanzen stark, da Wasserdampf fünfmal mehr Licht absorbiert als trockene Luft.

Mit Zunahme der absoluten Höhe geht der absolute Wassergehalt der Luft zurück, daher verstärkt sich der Lichteinfluß. Trotzdem gilt das Gebirgsklima als feucht, weil zunächst die relative Feuchtigkeit zunimmt.

Eine Schädigung durch Mangel an Luftfeuchtigkeit tritt aber nur ein, wenn die durch trockene Luft gesteigerte Transpiration aus äußeren oder inneren Ursachen von der Pflanze nicht mehr unterhalten werden kann. Laubfall bei Hitze, Honigtaubildung, vertrocknete Laubspitzen, mangelhafte Blütenentwickelung bei Zimmerpflanzen, Trockenfäule bei Rüben etc. sind Erscheinungen, die zumeist mit Mangel an Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang gebracht und durch trockene Winde verstärkt werden.

Aehnlich wie zu hoher Wassergehalt des Bodens wirkt auch übermäßige Luftfeuchtigkeit gegebenen Falls auf den Habitus der Pflanzen ein. Kurze Internodien und Blattstiele, schmale Blattflächen, niedrigere, aschereiche Substanzproduktion gelten u. a. als Zeichen einer Vegetation in trockener Luft. Umgekehrt

1) Hellriegel, Beiträge z. d. naturwiss. Grundlagen des Ackerbaus. Braunschweig 1883, S. 500.

2) Absolute Feuchtigkeit ist die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit in mm Dampfdruck ausgedrückt, ohne Berücksichtigung der Temperatur. Relative Feuchtigkeit ist die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit, ausgedrückt in Prozenten der Menge, welche die Luft bei vollständiger Sättigung überhaupt aufzunehmen vermag.

beobachtete man lange Internodien, schmale Blätter, verringerte Haarbildung, geringe Produktion an Nebenwurzeln, ascheärmere Trockensubstanz, Verzögerung der Blüten- und Fruchtbildung usw. an Pflanzen, die in feuchter Atmosphäre erzogen worden waren. Einzelheiten und Literatur s. Wollny, Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik, Bd. 20, 1897/98, S. 397.

Für Waldbäume, meint Mayr[1]), könne Feuchtigkeitsmangel der Luft die Ausbreitung des Waldes nur dort hindern, wo während der 4 Vegetationsmonate (Mai bis August) weniger als 100 mm Niederschläge fielen; zwischen 50—100 mm Niederschlagsmenge dürfe die Luftfeuchtigkeit nicht unter 50% sinken.

Dies gilt natürlich nur im großen und ganzen. Im einzelnen kommt es weniger auf die Höhe der zugeführten Wassermengen, als auf das Maß des für die Pflanzen verfügbaren Wassers an. Trotz hoher Niederschlagsmengen können Steillagen durch oberflächlichen Wasserabfluß, Hochmoorböden durch ihren Säuregehalt, Meeresstrand durch den reichlichen Salzgehalt, welcher der Pflanze die Wasseraufnahme erschwert, ausgesprochen xerophylle Vegetation tragen.

Eine spezielle Art der Luftfeuchtigkeit, entstanden durch Kondensation des Wassers an Staubteilen, ist der Nebel, der abkühlt, durch Lichtverminderung Assimilation, Transpiration und Respiration mindert, Kulturen in gemäßigten Klimaten aber kaum gefährlich wird.

§ 118. C. Das Licht nimmt als Vegetationsfaktor insofern eine besondere Stellung ein, als es nicht allen Pflanzen direkt nötig ist. Man kennt eine Reihe niederer Organismen, die im Dunklen ihren Entwickelungsgang abschließen[2]).

Die Kohlensäure-Assimilation und ihre Umwandlung zu Baustoffen des Pflanzenkörpers ist aber nicht die einzige Funktion des Lichtes; auch bei Blüten- und Blattentwickelung und -Stellung, Assimilation des Kalkes, der Nitrate, Keimung der Samen usw. hat man Lichteinfluß konstatiert.

Für die chlorophyllführenden Pflanzen ist die Lichtqualität nicht gleichgültig. Nach Reinke[3]) findet Chlorophyllbildung im Lichte von allen Wellenlängen zwischen den Fraunhoferischen Linien A und H statt; am günstigsten wirken Strahlen zwischen B und D.

Bei diffusem — von in der Atmosphäre vorhandenen Staub- und Wasserteilchen zerstreutem — Licht, zeigt die grüne Pflanze zumeist die beste Entwicklung; dabei wird vom zugestrahlten Licht nur ein Bruchteil genutzt.

Die Lichtwirkung hat sonst Minimum, Optimum, Maximum für „normales" Gedeihen, Einzelpflanze und Einzelfunktionen der Pflanze beanspruchen spezielle Lichtintensität, gewisse Anpassung und Vertretung ist hier ebenso möglich. Licht (Lichtart) wirkt besonders stark auf die äußere Gestaltung der Pflanze, auf Farbe, stoffliche Zusammensetzung und Produktionsgröße im allgemeinen ein. Lichtmangel zeigte sich im einzelnen durch Streckung der Stengelglieder, Reduktion der Blattorgane, Verbleichung (Étiolement) der grünen Pflanzenteile, Auftreten roter, brauner, violetter Farbtöne, Produktion dünnwandiger Zellen, höherem Aschen-, Zucker-, Asparagin- und Säuregehalt. Man beobachtete durch Beschattung weiterhin verzögertes Ausreifen, geringere Verholzung, überhaupt geringere Produktions energie bei verändertem Produktionsmodus. Die bei Lichtmangel erzeugte Pflanzen-

1) Mayr, Waldbau. Berlin 1909, S. 26.

2) Daß gewisse, niedere Pflanzen (Pilze, Bakterien) Licht aussenden, sei wenigstens erwähnt. Das Leuchten erwies sich als unabhängig von vorheriger Belichtung, ist an Sauerstoffzufuhr gebunden und von Temperatur und Nährstoffen abhängig; Literatur s. Molisch, Leuchtende Pflanzen, Jena 1901.

3) Reinke, Botan. Zeitung, Bd. 34, 1876, S. 143.



substanz ist durch ihren physikalischen Bau und ihre chemische Zusammensetzung in der Regel weniger widerstandsfähig gegen Parasiten und ungünstige atmosphärische Einflüsse.

Aehnlich dem Lichtmangel schafft Lichtüberschuß (Uebersonnung) veränderte Vegetationsbilder. Zuviel Licht verändert Blatt- und Chlorophyllkornstellung, hemmt die Assimilation; Verbleichen, Vergilben, Bräunung der grünen Organe wurde u. a. beobachtet. Lupinenwurzeln ließen schon in diffusem Licht vermindertes Dickenwachstum „und eine Verzögerung in der Ausbildung des Zentralzylinders" erkennen — u. a. m. Auch Röntgen- und Radiumstrahlen hemmen nach vorliegenden Untersuchungen die Pflanzenentwickelung.

Auf die Bedeutung der Lichtmessung für den Forstbetrieb hat zuerst Th. Hartig[1]) aufmerksam gemacht; ausführliches hat Cieslar[2]) über „die Rolle des Lichtes i. Walde" berichtet, exakte Messungen der Lichtintensität und ihres Einflusses auf die Pflanzen sind zuerst von Wiesner[3]) ausgeführt worden. Damit haben nach Mayr die in der forstlichen Praxis gewonnenen Erfahrungssätze wissenschaftliche Erklärung und Bekräftigung gefunden.

Wiesner unterscheidet zwischen absolutem und relativem Lichtgenuß, jener bemißt die Lichtstärke und zwar nach Bunsen-Roscoescher Methode, dieser dagegen gibt an, welcher Teil des Gesamtlichtes der Pflanze zugute kommt. Vermag die Pflanze bei vollem Lichteinfall, andererseits auch noch beim zehnten Teil desselben zu existieren, so liegt ihr relativer Lichtgenuß zwischen 1 und $^1/_{10}$.

Wiesners (loc. cit. 153) Untersuchungen ergaben folgende Zahlen für den relativen Lichtgenuß einiger Waldbäume (in Wien):

| | |
|---|---|
| Fagus silvatica | $1—^1/_{85}$, freistehend, |
| Fagus silvatica | $1—^1/_{60}$, geschlossener Bestand, |
| Carpinus betulus | $1—^1/_{56}$, geschlossener Bestand |
| Acer platanoides | $1—^1/_{55}$, geschlossener Bestand |
| Acer campestre | $1—^1/_{43}$, freistehend |
| Acer negundo | $1—^1/_{28}$, geschlossene Gruppe |
| Quercus ped. | $1—^1/_{26}$, geschlossene Gruppe |
| Populus alba | $1—^1/_{15}$, freistehend |
| Populus nigra | $1—^1/_{11}$, freistehend |
| Betula verrucosa | $1—^1/_{9}$, üppiger Gartenbaum etc. |

Darnach kann sich Quercus ped. beispielsweise innerhalb einer als Einheitsgröße festgelegten Lichtintensität 1 bis zu $^1/_{26}$ dieser Lichtstärke entwickeln, unterhalb gibt es kein normales Gedeihen.

Wiesner (loc. cit.) bemerkt dazu, daß unter $^1/_{80}$ die Lichtgenußbestimmungen unsicher werden.

Nach dem Verhältnis zur Belichtung nennt man Lichtholzarten solche, „welche längere Beschattung nicht ertragen", und Schattenholzarten jene, „welche Lichtentzug ertragen, ohne zugrunde zu gehen, ja unter mäßigem Lichtentzug sogar zu forstlich nutzbaren Bäumen aufwachsen können". Zwischen beiden stehen die Halbschattenholzarten, „welche in schlechterem Boden und in kühlerem Klima den Lichtholzarten, in wärmerem Klima und besserem Boden den Schattenholzarten in ihrem Verhalten sich nähern". (Mayr, Waldbau. Berlin 1909, S. 103.)

1) Th. Hartig, Allg. Forst- und Jagdzeitung, 1878.
2) Cieslar, Einiges über die Rolle des Lichtes im Walde. Mitt. a. d. Forstl. Vers.-Wesen Oesterreichs, Heft 30, Wien 1904.
3) Wiesner, Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.

Zu den Lichtholzarten gehören nach dem gleichen Autor: von Quercus die Sektion der Weißeichen, von Föhren Pinaster, weiter Larix, Salix, Populus, Betula u. a.

Zu den Schattholzarten zählen: Fagus, Abies, Picea, Thuja; zu den Halbschattenholzarten hauptsächlich: Carpinus, Tilia, Acer, Fraxinus, Ulmus, Alnus, Strobus und Robinia.

Ueber waldbauliche Maßnahmen zur Regulierung des Lichteinflusses vgl. Bd. II, S. 17 u. ff.

§ 119. D. Die Elektrizität. Es ist schon lange bekannt, daß im Boden und in den lebenden Zellen, wie überall, wo chemische Umsetzungen stattfinden, elektrische Spannungsdifferenzen auftreten. Die in Folge von Lemström's Veröffentlichungen über Elektrokultur (übersetzt von Pringsheim, Berlin 1902) neuerdings aufgenommenen Versuche durch Zufuhr elektrischer Energie („Elektrokultur"), das Pflanzenwachstum zu begünstigen, haben bisher keine Resultate ergeben, die für die Praxis von Bedeutung wären.

Vergl. Gerlach und Erlewein, Illustr. landw. Zeitung, 30. Jahrg., Nr. 15, 19 II, 1910, S. 123, zit. nach Biedermanns Zentralbl. für Agrikultur-Chemie 1910, S. 832. Griffet, Elektrokultur, Journal d'Agriculture pratique 1910, t. 2, p. 407; zit. nach Biedermanns Zentralbl. für Agrikultur-Chemie 1911, S. 470. Aeltere Literatur vergl. Rindell, Register zu Wollnys Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikultur-Physik. Heidelberg 1906, S. 94.

§ 120. E. Die Nährelemente bilden als chemische Faktoren eine Reihe von Elementen: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Schwefel, Phosphor, die der Pflanze unentbehrlich sind, das Fehlen eines einzigen unterbindet die Entwickelung [1]).

Eine Reihe anderer Stoffe wie Chlor, Kieselsäure, Natrium, scheint die Vegetation zu fördern, während dritte in geringen Mengen die Lebensvorgänge begünstigen, in größerer Menge oder stärkerer Konzentration aber Giftwirkung zeigen (Fluor, Lithium, Kupfer, Mangan usw.).

Eine strenge Scheidung, wie man sie früher vornahm, in unentbehrliche, nützliche und entbehrliche Stoffe, kann nach dem Standpunkte jetziger Erkenntnis nicht mehr aufrecht erhalten werden. Ein an sich entbehrlicher Stoff kann der Pflanze unter veränderten Verhältnissen von Vorteil oder sogar nötig sein.

Von jedem der erstgenannten „unentbehrlichen" Elemente ist für die Vollentwickelung der Pflanzen eine gewisse Minimalmenge unerläßlich. Wenn möglich nimmt sie aber eine darüber hinausgehende Menge auf, und es scheint, daß wenigstens dieses Mehr bis zu einem gewissen Grade durch andere verwandte oder indifferente Stoffe vertreten werden kann.

Es läßt sich dies am besten an einem Beispiel nach Emil Wolffs Versuchen darstellen [2]), die ich nach einem Vortrage Märckers [3]) zitiere: „E. Wolff fand bei seinen Vegetationsversuchen, daß zur Produktion von 100 Teilen Trockensubstanz der Haferpflanze 0,5 g Phosphorsäure erforderlich wären, wenn er die übrigen Mineralstoffe, nämlich Kalium, Calcium, Magnesium und die Schwefelsäure im Ueberschusse gab; für diese Nährstoffe fand er folgende Mengen als zur Produktion von 100 Teilen Hafertrockensubstanz (jedesmal beim Ueberschuß der übrigen Nährstoffe) erforderlich:

---

1) Daß manche niedere Pflanzen (Algen, Pilze, Bakterien) ohne Calcium existenzfähig sind, zeigte Molisch, Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. math. nat. Klasse, Wien 1895 Bd. 104, I. S. 783 und 1896, Bd. 105, I. S. 633.

2) Emil Wolff, Die Landw. Versuchsstationen, 1877, Bd. 20, S. 397.

3) Märcker, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1897, S. 464.



| | |
|---|---|
| Phosphorsäure . . . . . . | 0,50 g |
| Kali . . . . . . . . . . | 0,80 g |
| Kalk . . . . . . . . . . | 0,25 g |
| Magnesia . . . . . . . . | 0,20 g |
| Schwefelsäure . . . . . . | 0,20 g |
| Summa | 1,95 g |

Danach wären also zusammen 1,95 g Mineralstoffe erforderlich, um 100 Teile Hafertrockensubstanz zu erzeugen; eine Haferpflanze mit nur 1,95 % Mineralstoffen in der Trockensubstanz gibt es aber überhaupt in der Natur nicht, und das mindeste, was eine normale Haferpflanze enthält, sind 3 % Mineralstoffe; dem entspricht es auch, daß man mit obigen 1,95 % Mineralstoffen nur etwa 65 Teile Hafertrockensubstanz erzeugen kann. Wenn man nun aber daneben 1,05 g an und für sich indifferente Mineralstoffe, nämlich Natronsalze oder Kieselsäure, den Pflanzen darreicht, erzielt man damit die volle Produktion von 100 Teilen Hafertrockensubstanz. Jene 1,05 g haben somit keine bestimmte Funktion in der Pflanze auszuüben, sondern dienen dazu, den allgemeinen Mineralstoffhunger, welchen die Pflanze besitzt, zu sättigen. Diese Beobachtung hat eine gewisse Tragweite für die Praxis der Landwirtschaft (und Forstwirtschaft! Der Verf.), denn sie lehrt, daß, wenn man das Nährstoffbedürfnis der Pflanze durch ganz reine Nährstoffe decken will, man dabei verschwenderisch arbeitet, denn man muß von diesem kostbaren Stoffe mehr geben, als für die besonderen Zwecke, welche diese Stoffe in der Pflanze auszuüben haben, erforderlich ist."

Eine totale Vertretbarkeit, nämlich diejenige des Kaliums durch Rubidium, wurde bisher nur bei Pilzen konstatiert, siehe Bennecke, Jahrb. f. wiss. Botanik 1895, Bd. 28, S. 487 und Botan. Zeitung 1896, S. 97.

Eine für Waldbäume beobachtete teilweise Vertretbarkeit besteht in der Aufnahme relativ größerer Mengen Mangan bei Kalkmangel. Vgl. Councler, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1903, S. 391.

Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff bezeichnet man als organische Nährelemente, die anderen als anorganische oder mineralische Nährstoffe. Erstere entstammen der atmosphärischen Luft, letztere dem Boden. Während die organischen Anteile der Pflanze beim Verbrennen flüchtig werden, sind die anorganischen unverbrennlich und bleiben als Asche zurück.

§ 121. I. Die organischen Anteile machen die Hauptmenge des Pflanzenkörpers aus, die anorganischen Nährelemente sind dagegen im allg. nur zu 1,5—5 % in der Trockensubstanz, d. i. bei 100—105° bis zu konstantem Gewicht getrocknete Substanz, vertreten.

Möglichst viel hochwertige Trockensubstanz auf gegebener Fläche nachhaltig und billigst zu erzielen, ist das Wirtschaftsziel auch des Forstmanns.

Die Hauptmenge der Trockensubstanz bildet der Kohlenstoff.

Die höhere Pflanze, von der hier ja im allgem. die Rede ist, gewinnt diesen wichtigen Baustoff durch Aufnahme der Kohlensäure der Luft [1]), und deren Spaltung durch die Chlorophyllkörner unter Mitwirkung des Lichtes. Der Kohlenstoff wird

1) Untersuchungen von Lefèvre, Comptes rendues de l'Acad. des sciences 1906, t. 143, p. 322, zit. nach Biedermanns Zentralbl. f. Agrikultur-Chemie 1907, S. 741 ergaben das überraschende Resultat, „daß eine grüne Pflanze sich in amidhaltigem Boden unter Abwesenheit von Kohlensäure am Lichte entwickeln und ihr Trockengewicht verdreifachen kann, ohne daß eine Abscheidung von Sauerstoff erfolgt". Es handelte sich um Kresse.



unter Wasseraufnahme zur Bildung von „Kohlenhydraten" benutzt, der Sauerstoff wird frei.

Einzelheiten dieses Vorgangs sind noch nicht genügend erforscht. Von den Kohlenhydraten, welche bei der Assimilation entstehen, ist die Stärke am längsten bekannt:

$$6\ CO_2 + 5\ H_2O = \underbrace{C_6 H_{10} O_5}_{\text{Stärke}} + 6\ O_2$$

Indes ist die Stärke wahrscheinlich nicht das erste Assimilationsprodukt, man nimmt dafür lösliche Kohlenhydrate (Aldehyde) an (vgl. Czapek, Biochemie d. Pflanzen, Jena 1905; Franzen, Chem. Zeitung 1910, Bd. 34, S. 1003—04).

Die Assimilation der Kohlensäure ist natürlich von einer Reihe Faktoren abhängig; Licht, Wärme, Sauerstoff sind dabei von besonderer Bedeutung.

Was den Einfluß der für die Pflanze verfügbaren Kohlensäuremenge auf das Wachstum anlangt, so haben Untersuchungen ergeben, daß bei Verminderung des natürlichen Kohlensäuregehaltes der Luft (0,03—0,04 %), das Wachstum zurückgeht, bei 4—5 %, verschieden nach Pflanzen und Verhältnissen, ein Optimum erreicht und bei höherem Gehalt die Pflanze geschädigt wird.

Nach weiteren Untersuchungen scheint auch die Wurzeltätigkeit durch zu hohen Kohlensäuregehalt des Bodens gehemmt zu werden.

Neben dem die Kohlenstoffanteile mehrenden Assimilationsprozeß verläuft noch ein anderer, abbauender: die Atmung (eine „Dissimilation").

Der Sauerstoff wird dabei von der Pflanze aufgenommen und Kohlensäure abgegeben ($C_6H_{10}O_5 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 5\ H_2O$). Die Substanzvermehrung durch Kohlensäureassimilation ist natürlich im allgemeinen höher als der Kohlenstoffverlust durch Atmung; im Spezialfalle (Vegetation bei Lichtabschluß) auch umgekehrt. Daß die Atmungsintensität nach Pflanze, Entwicklungsstadium und Lage der anderen Vegetationsfaktoren verschieden ist, sei auch hier angeführt. Sonst ist die Atmung in weiten Grenzen vom Sauerstoffgehalt der Luft unabhängig, die Partiärpressung des Sauerstoffs kann über das natürliche Maß ziemlich vermindert oder verstärkt werden, ohne daß sofortige Beeinflussung der Atmung bemerkbar wäre. Bei 2 % Sauerstoffgehalt der Luft einerseits, andererseits bei einem Partiärdruck von 2—3 Atmosphären wurden Wachstumshemmungen beobachtet. (Vgl. Stich, Flora 1891, Bd. 74, Seite 1 und Johannsen, Untersuchungen a. d. bot. Inst. z. Tübingen. Leipzig 1885, Bd. 1, S. 686.)

Ueber den Gehalt der Bodenluft an Sauerstoff vgl. Seite 250. Ungenügende Bodendurchlüftung kann durch Sauerstoffmangel und Kohlensäurehäufung zu Hemmungen des Wurzelwachstums führen; Maßnahmen dagegen vgl. Bd. II, S. 95. Siehe ferner Wollny, Unters. u. d. Einfluß d. mech. Bearbeitung a. d. Fruchtbarkeit des Bodens. Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik. 18. Bd. Heidelberg 1895, S. 63.

Der Stickstoff, den die Pflanze zum Aufbau ihrer Leibessubstanz bedarf, entstammt wie S. 277 erwähnt der Atmosphäre. Doch vermögen nur niedere Organismen gasförmigen Stickstoff aufzunehmen, für die anderen ist Stickstoff in gebundener Form nötig [1]). Da Stickstoff eigentlich nur in phytogenen und zoo-

1) Die Untersuchungen von Jamiesons, Agricultural Research-Association, Res. Stat. Glasterberry, Milltimber, Aberdeen 1905, S. 54 ff. und Zemplén und Roth, Ber. d. K. ung. Zentral-Forst-Versuchsanstalt zu Selmecbánya, 1908, Heft 1 und 2, die angeben, daß die Pflanzen durch die Trichome freien Stickstoff aufnehmen können, sind von Kny, Ber. d. Deutsch. bot. Gesellsch. 1909, S. 252, als nicht genügend begründet erklärt worden. Erwiderung Jamiesons ib. 1910, S. 81.



genen Gesteinen vorkommt, war die Stickstoffernährung der höheren Pflanze lange Problem. Jetzt kennt man folgende Vorgänge, durch die hauptsächlich gasförmiger Stickstoff in gebundene Form, in Pflanzennahrung übergeführt wird:

a) durch elektrische Entladung in der Atmosphäre,
b) durch freilebende Bakterien,
c) durch freilebende Pilze,
d) durch symbiotisch lebende Bakterien,
e) durch symbiotisch lebende Pilze.

Ueber die außerordentlich zahlreiche Literatur vgl. Hiltner i. Lafar's Handbuch d. techn. Mykologie. Bd. III. Jena 1904—6, S. 24. A. Kosowicz, Einführung i. d. Agrikulturmykologie. Berlin 1912, S. 16 u. ff.

Durch elektrische Entladung (Blitz) werden in der Natur gewisse Stickstoffverbindungen gebildet, die zur Ernährung der Pflanzen dienen können; ihre Menge ist aber relativ gering und beläuft sich nach Miller[1]) auf 3,7—5,0 kg pro Jahr und ha.

Die Beobachtung, daß freier Stickstoff der Atmosphäre von gewissen Bodenkonstituenten mechanisch gebunden wird, ist noch umstritten, Ammoniakbindung ist dagegen einwandfrei nachgewiesen. (Vgl. Ammon, Unters. ü. d. Kondensationsvermögen der Bodenkonstituenten u. Gase in Wollny's Forschungen d. Agrikult. Physik. 1874, Bd. II, S. 1 u. ff.)

An sich muß es ja auffallen, daß es der höheren Pflanze nicht wie Bakterienarten möglich sein soll, freien Stickstoff mit den äußeren Organen aufzunehmen, da sie sonst fast alle und ihr viel mehr entbehrliche Stoffe ihrer Umgebung aufnehmen kann. Besser orientiert ist man über die Stickstoffbindung durch niedere Organismen. Wie diese kleinen Lebewesen den atmosphärischen Stickstoff aufnehmen, welche Zwischenprodukte zwischen dem aufgenommenen freien Stickstoff und dem eiweißartigen Endprodukt bestehen, ist noch nicht genügend erforscht. Durch die Umsetzungen aber, die das letztere beim Absterben erleidet, entstehen stickstoffhaltige Stoffe, welche für die Pflanzen aufnahmefähig sind.

Praktisch von Bedeutung sind besonders die sogenannten Knöllchenbakterien, die mit den meisten Leguminosen in Symbiose leben, aber auch bei einigen Nichtleguminosen gefunden worden sind.

Die Bakterie verbraucht das Stärkemehl des Wirtes und liefert diesem Eiweiß, d. h. Stickstoffnahrung. Vgl. die zahlreichen Arbeiten von Hiltner (Lit.-Angabe s. o.).

Von symbiotisch lebenden Pilze ist speziell für die endotrophe Mikorrhiza, welche besonders stark auch an den Wurzeln der Waldbäume auftritt, wahrscheinlich geworden, daß sie atmosphärischen Stickstoff sammelt, welcher der Wirtspflanze zugute kommen kann. Eine Stickstoffsammlung durch freilebende Pilze, wies zuerst Charlotte Ternetz[2]) an 5 Piknidenpilzen nach.

Ueber den Stickstoffgewinn, den der Wald durch freilebende Mikroorganismen bei der Streuzersetzung erfährt, s. Henry, Journ. d'Agriculture Pratique 1907, tome I, p. 549, 580, 613, 645 und 678. Hornberger, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1906, S. 775. — Vergl. Migula, Beiträge z. Kenntnis d. Nitrifikation. 1. Nitrifikation im Waldboden. Zentralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde etc. II. Abt., Bd. 6, 1900, S. 365. Albert und Luther, Biolog. chem. Studien in Waldböden. Journ. f. Landwirtsch. 1908, S. 347. — Vergl. ferner: Stoll, Das Versagen der Weißtannenverjüngung im mittleren Murgtale. Inaug.-Diss., Karlsruhe 1909, S. 34. Behrens, „Die Beziehungen der Bodenmikroben zu den höheren Pflanzen", in Lafars

1) Miller, Proceedings of the Chemical Society, Vol. 18, Vol. 250, Nr. 88 und 89; zit. nach Biedermann, Zentralbl. f. Agrikultur-Chemie. Leipzig 1905, S. 1.

2) Charlotte Ternetz, Ueber die Assimilation des atmosphärischen Stickstoffs durch Pilze. Leipzig 1907. Sonderabdruck a. d. Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. 44, Heft 3.



Handb. d. Techn. Mykologie. Jena 1906. Bd. III, S. 444. Koch, „Die Bindung von freiem Stickstoff durch frei lebende niedere Organismen". Ebendort S. 1.

Mangelnder Stickstoff gibt sich an der Pflanze im allg. durch bleiche Farbe („Gelbsucht") und geringe Ausbildung der vegetativen Organe kund.

Stickstoffüberschuß ergab bei Getreide blaugrüne, weiche, üppige Halme, Neigung zum Lagern, Verzögerung der Reife und bei relativ geringen Korn- und höheren Stroherträgen, stickstoffreichere Trockensubstanz.

An jungen Kiefern beobachtete Möller[1]) bei Stickstoffmangel: außer den bisher an allen Pflanzen beobachteten hellgrünen Blattorganen für die Kiefer auffällig kurze und verhältnismäßig schwache Nadeln.

Ueber Stickstoffdüngung siehe S. 291.

§ 122. II. Die anorganischen oder mineralischen Nährelemente können von der Pflanze nicht in elementarer Form verwandt werden; es sind lösliche Salze, welche die Wurzel aufnimmt. Diese Aufnahme findet aber nur bis zu einer nach Pflanze und Verhältnissen spezifisch verschiedenen Konzentration der Nährlösung statt, auch die qualitative Zusammensetzung der letzteren spielt dabei eine Rolle. Die gelösten Salze beeinflussen die osmotischen Vorgänge der Pflanzenzelle, ein an löslichen Salzen überreicher, völlig durchnäßter Boden wirkt auf die Vegetation gegebenen Falles wie ein völlig trockener Boden (physiologische Trocknis).

Die Wurzel nimmt aber nicht allein die in wässriger Lösung ihr zugeführten Nährstoffe auf, sie bringt auch selbst durch von ihr abgeschiedene Säure unlösliche Nährstoffe in für sie aufnehmbare Form.

Von jedem unentbehrlichen Mineralnährstoff ist eine gewisse Minimalmenge unerläßlich. Bei geeigneter Konzentration und reichem Vorrat nimmt die Pflanze aber mehr davon auf, als sie zum Aufbau nötig hat, und treibt „Luxusconsum". Daher ist der Aschengehalt der Wasserkulturpflanze meist höher, als jener der im Garten oder Feld unter sonst gleichen Verhältnissen erzogenen Pflanze; selbst die analytischen Befunde von normal erzogenen Pflanzen schwanken beträchtlich. Nach Angaben Wolffs[2]) betrugen beispielsweise die Schwankungen in der prozentischen Zusammensetzung der (Rein-) Asche bei

| | | Zahl der Analysen | Kali $Ka_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Eisen $Fe_2O_3$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Winterweizen | Frucht | 110 | 23,2/41,1 | 0,0/9,1 | 0,9/8,2 | 9,1/16,3 | 0,1/3,0 | 39,2/53,7 | 0,0/5,6 | 0,0/5,9 |
| | Stroh | 18 | 9,5/27,4 | 0,0/7,3 | 2,7/8,9 | 1,3/5,2 | 0,1/1,2 | 2,2/8,9 | 0,7/5,6 | 49,6/72,5 |
| Winterroggen. | Frucht | 36 | 27,8/37,5 | 0,0/4,5 | 1,3/6,5 | 9,4/15,4 | 0,2/3,4 | 39,9/51,0 | 0,0/3,6 | 0,4/4,5 |
| | Stroh | 25 | 9,8/32,5 | 0,3/6,3 | 4,1/11,6 | 1,8/5,1 | 0,2/4,7 | 3,1/12,7 | 0,8/13,2 | 25,8/65,2 |
| Sommergerste | Frucht | 57 | 11,4/32,2 | 0,0/6,0 | 1,2/5,6 | 5,0/12,7 | 0,0/4,7 | 26,0/46,0 | 0,0/3,9 | 3,7/36,7 |
| | Stroh | 30 | 10,8/44,5 | 1,1/8,5 | 1,9/13,1 | 1,6/5,7 | 0,0/3,4 | 2,2/7,2 | 0,8/8,0 | 32,1/68,5 |
| Eiche 15/20j. Stamholz ohne Rinde | | 13 | 27,9/41,3 | 1,1/4,4 | 19,0/27,6 | 11,6/23,2 | 0,4/1,4 | 10,5/22,1 | 1,6/5,1 | 0,2/2,2 |
| Buche 50/90j. Scheitholz | | 6 | 16,4/37,7 | 0,7/3,9 | 36,2/49,5 | 6,6/14,5 | 0,0/2,7 | 4,4/9,6 | 0,3/3,2 | 3,8/7,8 |
| Buche 50/90j. Knüppelholz | | 4 | 15,2/30,5 | 01/2,2, | 35,5/45,8 | 7,5/16,2 | 0,0/1,5 | 5,7/12,0 | 0,6/2,1 | 4,7/10,2 |
| Buche 50/90j. Reisholz | | 3 | 14,1/23,8 | 0,8/2,2 | 35,1/48,0 | 6,6/10,8 | 0,7/1,6 | 10,7/16,1 | 0,8/2,3 | 9,9/11,5 |
| Buche Blätter im August | | 13 | 14,3/27,3 | 0,0/3,7 | 18,3/41,9 | 5,0/11,9 | 0,5/1,5 | 5,8/12,6 | 1,0/3,5 | 14,3/47,9 |
| Buche Blätter im November | | 7 | 1,3/20,6 | 0,0/0,5 | 25,2/61,1 | 2,1/9,6 | 0,0/2,2 | 1,2/12,1 | 1,3/7,0 | 23,6/51,3 |

1) Möller, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1904, S. 745.
2) Wolff, Aschenanalysen. Berlin 1880, II. Teil, S. 133 ff.



Auch das Vegetationsstadium und das Alter an sich bedingen unterschiedliche Aufnahme an unverbrennlichen Stoffen. Nach Wolff[1]) nimmt im höheren Alter der Bäume die Gesamtasche, nach Prozenten der Trockensubstanz berechnet, im Holz wie im ganzen (Wald-)Baum mehr oder weniger regelmäßig ab.

Wie beträchtlich aber selbst die Unterschiede bei Samenpflanzen sein können, zeigen folgende Angaben von Schütze[2]) über einjährige Kiefern, von denen Nummer 1—4 im Eberswalder Forstgarten an verschiedenen Plätzen gewachsen waren, während Nummer 5 aus Hohenheim stammte. Es enthielten 1000 Teile der bei 100° getrockneten Substanz:

| | Eberswalde | | | | Hohenheim |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. 1 | Nr. 2 | Nr. 3 | Nr. 4 | Nr. 5 |
| Kalk | 12,779 | 7,888 | 5,505 | 6,438 | 4,503 |
| Magnesia | 1,952 | 2,233 | 1,627 | 2,744 | 1,480 |
| Manganoxydoxydul | 0,372 | 0,417 | 1,093 | 0,927 | 0,401 |
| Kali | 3,620 | 4,377 | 5,354 | 7,407 | 6,376 |
| Natron | 0,337 | 0,537 | 0,492 | 0,380 | — |
| Schwefelsäure | 1,067 | 1,496 | 1,540 | 1,854 | 1,680 |
| Phosphorsäure | 5,470 | 3,770 | 6,797 | 6,401 | 4,668 |
| Kieselsäure | 1,017 | 2,025 | 2,766 | 1,819 | 3,028 |
| 250 Stück 1jährige Kiefern | | | | | |
| wogen bei 100° getrocknet, g. | 45,8 | 39,9 | 50,8 | 39,9 | — |
| der Aschengehalt betrug g. | 2,045 | 1,95 | 4,15 | 1,95 | — |

Schütze bemerkt zu den Pflanzen: „sie waren völlig gesund und normal entwickelt."

Derartige Schwankungen im Aschengehalt bilden nun zwar nicht etwa die Regel, immerhin aber werden sie bei Forstpflanzen häufiger sein als bei Pflanzen landwirtschaftlicher Kultur. Der Landwirt verwendet mehr Sorgfalt auf eine günstige und gleichmäßige Einwirkung der Wachstumsfaktoren, als dies dem Forstmanne möglich ist. Nach der anderen Seite mag sich aber die perennierende Pflanze speziell für die Nährstoffe einigen Ausgleich dadurch schaffen können, daß sie die in einem reichen Jahre zur Verfügung stehenden Nährstoffe über den vorliegenden Bedarf bis zu einem gewissen Grade aufzustapeln vermag, um von ihnen eventuell in folgender, weniger günstiger Zeit Nutzen zu ziehen.

Die Bodenlösungen zeigen an sich einen recht verschiedenen Gehalt an Nährelementen, und wie man aus dem S. 239 angeführten Beispiel unter Granit ersehen kann, sind selbst aus gleicher Formation stammende Bodenwässer sehr unterschiedlich in der chemischen Zusammensetzung. Auch ihre Konzentration ist außerordentlich gering, etwa nur $^1/_{100}$ so stark, wie sie den Pflanzen in den sogenannten Wasserkulturen dargereicht werden, die 1—5 g Salze im Liter Wasser enthalten.

Dabei hat sich gezeigt, daß es an sich gleichgültig ist, in welcher Bindung die basischen (positiven) mit den sauren (negativen) Elementen zu Salzen vereinigt sind, und daß eine neutrale bis schwach saure Reaktion dem Wachstum der Landpflanzen günstiger ist, als basische Reaktion (vgl. Hudig, Landw. Jahrbücher 1911, Bd. 40, S. 613).

Worin die Notwendigkeit und Unentbehrlichkeit der mineralischen Nährelemente begründet liegt, ist trotz vielfacher Arbeiten nur wenig erforscht. Schwefel findet sich als Bestandteil aller Eiweißverbindungen, Phosphor nur bei Nukleïnen und manchen Globulinen, auch Kali, Magnesia und Eisen sind zweifellos am Protoplasmaaufbau beteiligt, was für Calcium nicht durchaus zutrifft; vgl. Anm. S. 276.

1) Wolff, Aschenanalysen. Berlin 1880, II. Teil, S. 159.
2) Schütze, Zeitschr. f. Fort- und Jagdwesen, 1879, Bd. 10, S. 54.



Worauf die Unentbehrlichkeit des Calciums beruht, weiß man nicht genau. Häufig findet man die Angabe, daß es zur Abstumpfung der Pflanzensäure diene, das vermöchten aber andere basische Elemente ebenso. Kalium soll weiterhin den Transport der Pflanzensäfte von Zelle zu Zelle erleichtern, andere Elemente Zellgewebs-, Zellkernbildung bewirken bzw. erleichtern etc. Alle diese Angaben haben noch nicht allgemeine Annahme gefunden.

Gerade die Kenntnis über den Verlauf des Chemismus der Zelle ist uns noch so gut wie verschlossen und hier enden schließlich die letzten Fragen der Ernährung — der Düngung.

An sich zeigen sich die Pflanzen verschieden befähigt, mineralische Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen, man sagt: der „Anspruch" der Pflanzen ist variabel, gleiches gilt, wie schon die Tabelle S. 280 darlegt, von der Summe der durchschnittlich aufgenommenen Aschenbestandteile, welche man als „Bedarf" kennzeichnet. So haben manche Pflanzen bei an sich großem Bedarf, doch geringe Ansprüche wie Lupine, Akazie usw. Sie vermögen also die relativ großen Nährstoffmengen einem nährstoffarmen Boden zu entnehmen. Dabei bevorzugt diese oder jene Pflanze eine Nährstofform besonders und benutzt eine andere gleichzeitig verfügbare gar nicht, oder nur aus Not. Auch zeitlich erfolgt die Nährstoffaufnahme nicht gleichmäßig, wie die Untersuchungen von Ramann u. Bauer [1]) an Waldbäumen ergeben haben.

Auf Kalk-, Kochsalz-, Kieselsäure- und humusreichen Boden findet man häufig wiederkehrend, eine Pflanzengenossenschaft, welche deswegen als Kalk-, Kochsalz-, Kiesel-, Humusflora bezeichnet wird. Dabei wird es schwer sein, zu entscheiden, ob eine Pflanze gerade die spezifische Eigentümlichkeit eines Standortes sucht, oder ob sie trotz derselben noch Gedeihen findet.

Für die Ansprüche der Holzarten an den Nährwert der Böden gilt nach Mayr [2]) etwa folgende absteigende Reihenfolge: Quercus, Fraxinus, Larix, Fagus, Strobus, Picea, Abies, Robinea, Alnus, Populus, Betula, Pinus. Vgl. auch Ebermayer, Naturges. Grundlagen d. Wald- u. Ackerbaues. I. Bd. Phys. Chemie d. Pflanzen, Berlin 1882, S. 754.

Auch die Nährstoffe wirken wie die anderen Vegetationsfaktoren nur gemeinsam, je nach der augenblicklichen Kombination der Vegetationsfaktoren wechselt Modus und Produktion; daher gibt es nur relative Minima, Optima, Maxima für jeden Vegetationsfaktor.

Gegen Veränderung der Nährlösung zeigen sich natürlich besonders die Wurzelhaare empfindlich. (Vgl. Stieler, Das Verhalten d. Wurzelhärchen gegen Lösungen. Diss. Kiel 1903.) Wie die Wurzelhaare ändert sich bei konstantem Einfluß nach und nach der ganze Wurzelapparat nach Bau und Menge. So fand Schwarz [3]) auch bei Kiefern eine Verminderung des Wurzelumfangs bei vermehrtem Salzgehalt des Bodens. Auch die Transpiration wird dadurch heruntergedrückt. Daher übersteht die gleiche Pflanze Trockenperioden besser auf gut gedüngten Böden; daß hier aber wieder durch zu starke Konzentration der Bodenlösung „physiologische" Trocknis eintreten kann, sei wenigstens erwähnt. Zu starke Zufuhr an Nährstoffen selbst bei normaler Konzentration beeinflußt die Vegetation natürlich ebenso spezifisch. Die Rieselfelder der Großstädte haben dafür manche Beispiele geliefert. (Vgl. Ehrenberg, Die landwirtsch. Vers.-Stationen, Bd. 68, 1908, S. 19, Bd. 71, 1909, S. 263.

1) Ramann, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1911, S. 747. Bauer, Naturwissensch. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtsch. 1910, S. 457, 1911, 409. Ramann und Bauer, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1911, S. 67.

2) Mayr, Waldbau. Berlin 1909, S. 111.

3) Schwarz, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1892, S. 97.



Bei allgemeinem Ueberschuß der Nährstoffe müssen natürlich die Erscheinungen verwischt werden, die sich an partiellen Ueberschuß binden; daher stimmen auch die in der Literatur diesbezüglich gemachten Angaben nicht immer überein. Auch die Pflanze selbst reagiert verschieden nach Individuum, vegetativer Entwickelung, äußeren Faktoren usw.

Aehnlich steht es um die Symptome bei Nährstoffmangel. Auch hier ist eine Produktionsminderung die Allgemeinerscheinung, dagegen zeigen der oder die mangelnden Stoffe analytisch einen Abfall gegen den Durchschnittsgehalt, besonders stark bei den Blattorganen; Vergilben, Welken, Absterben sind sonst auch hier äußere Merkmale.

Spezielle Beobachtungen an äußeren Organen hungriger Kulturpflanzen sind neuerdings verschiedenfach gemacht worden. Vgl. u. a. Wilfarth, Römer und Wimmer, Zeitschr. d. Ver. d. deutsch. Zuckerindustrie 1901, S. 993; Wilfarth u. Wimmer, Journ. f. Landwirtsch. 1903, S. 129; Schneidewind, Landw. Jahrb. 1904, S. 241. Vageler[1]) meint, daß „die bei verschiedener Düngung einer Kulturpflanze in ihrem Bau auftretenden Differenzen so groß sind, daß sie sich unschwer zahlenmäßig darstellen lassen".

Auch forstliche Pflanzen sind inzwischen Untersuchungsobjekt gewesen. So fand Möller[2]) folgende Merkmale an jungen Kiefern:

Bei Kalimangel: mattes, fahles Grün und kürzere Nadeln.

Bei Phosphorsäuremangel: im August bereits auftretende Verfärbung der Kotyledonen und der unteren Blättchen. Im Oktober (vor den ersten Frösten) „hatten die Pflanzen durchweg jene stumpfviolette Färbung, die man früher wohl als das Anfangsstadium der Schütteerkrankung angesehen hat".

Bei Magnesiamangel: orangegelbe Verfärbung der Nadelspitzen, die nach der Basis der Nadel zu sich rot schattiert und schließlich in das normale Grün übergeht [3]).

Auch Verfasser fand nach unveröffentl. Versuchen bei Kiefernsämlingen in Topfkultur eine rotviolette Verfärbung der Nadeln bei Phosphorsäuremangel, besonders stark an der Basis auftretend; danebenstehende gleichaltrige Tannensämlinge zeigten die Erscheinung jedoch nicht.

Vater[4]) beobachtete dagegen bei Mangel an Phosphorsäure an den Nadeln der Fichte und der Kiefer „von Anfang an ein besonders dunkles Grün, welches allmählich in ein geradezu auffälliges Blaugrün überging". (Vgl. auch von Tubeuf, Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtsch., 1908, S. 405.) Die Ansichten darüber, welche Nährmineralien den Waldböden hauptsächlich fehlen bzw. welche Nährmineralien die Standortsgüte beherrschen, gehen auseinander [5]). Auch

1) Vageler, Monatshefte f. Landwirtsch., Jahrg. 1, 1908, Heft 8; zitiert nach Vater, Tharandter Forstl. Jahrb. 1909, Bd. 59, S. 249.

2) Möller, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1904, S. 745.

3) Nach chemischen Untersuchungen von Albert, mitgeteilt anläßlich der Sitzung des Sonderausschusses für Forstdüngung d. Deutsch. Landw.-Ges., Karlsruhe 1912 scheint die Gelbspitzigkeit der Nadeln noch mehr auf Kalk- als auf Magnesiamangel zurückzuführen zu sein und außerdem mit dem Humusgehalt des Bodens im Zusammenhang zu stehen. Weitere Untersuchungen darüber sollen folgen.

4) Vater, Tharandter forstl. Jahrb. Bd. 59, 1909 S. 257.

5) Vergl. u. a. Schütze, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, Bd. I, 1869, S. 500 und Bd. III, 1871, S. 367. Ebermayer, Naturges. Grundlagen d. Wald- und Ackerbaues. I. Teil, Phys. Chemie d. Pflanzen. I. Bd. Berlin 1882, S. 797. Borggreve, Holzzucht. Berlin 1885 S. 10 u. dass. II. Aufl. 1891, S. 9. Weinkauff, Forstwiss. Zentralbl. 1900, S. 456. Matthes, Ber. ü. d. 5. Hauptvers. d. Deutschen Forstvereins zu Eisenach 1904, Berlin 1905, S. 163. Albert, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1905, S. 139. Schwappach, Ber. ü. d. VI. Intern. Kongreß d. Vereins forstl. Versuchsanstalten, Brüssel 1910.

der makroskopische Befund von Boden und Bodenflora geben lockeren Anhalt über die Nährstoffverhältnisse des Bodens: Im allgemeinen sind feinkörnige Böden nährstoffreicher als grobkörnige (vgl. S. 232), in hellfarbigen Mineralböden findet sich gewöhnlich wenig Mangan und Eisen, humusarme Böden sind meist auch arm an Stickstoff usw. Phosphorsäure- und Kalimangel aber sind dem Boden weit weniger anzusehen. Auf Kalkarmut kann man wohl indirekt schließen, wenn der Boden stark saure Reaktion zeigt, ihm braunes, humushaltiges Wasser entquillt, wenn ihn Trockentorfbildungen abschließen, endlich wenn im Boden befindliche Eisenmengen zur Abscheidung von Brauneisen, eisenverhärtetem Sand, Ort- und Raseneisenstein Veranlassung gegeben haben und eine „saure Vegetation" (Heide, Beerkräuter, Sphagna usw.) die vorherrschende ist.

Exakteres über die Nährstoffvorräte zeigt die quantitativ-chemisch analytische Bodenuntersuchung, sie weist den absoluten Gehalt des Bodens an Einzelelementen zahlenmäßig nach, wieviel aber davon der Pflanzenwurzel zur Verfügung steht, lehrt auch diese, sonst exakte Methode nicht. Auch die gebräuchliche, konventionelle Methode (s. S. 224), die den Boden mit einer Säurelösung extrahiert, welche etwa der lösenden Kraft der Pflanzenwurzel äquivalent sein soll, gibt nichts abschließendes, kann es nicht geben. Die direkt aufnehmbaren Nährstoffe des Bodens zu bestimmen, kann nur dann besonderen Wert haben, wenn man die Ansprüche kennt, die die Pflanze an jene stellt. Diese Ansprüche kennt man aber nur wenig. Wohl weiß man, daß sie für alle Pflanzen nicht gleich sind, daß eine Differenzierung bis zum Einzelindividuum stattfindet, daß eine andere Konstellation der Wachstumsfaktoren der Pflanze veränderte Bedingungen bieten kann, denen sie sich wieder mehr oder weniger anzupassen vermag, kurz gesagt: es scheint aussichtslos ein Mittel zu finden, das sich in seiner lösenden Wirkung auf die Bodenteile ähnlich der Energie der Pflanzenwurzel verhält [1]).

Bei dieser Lage der Sache stützt sich die Praxis neben der Erfahrung im wesentlichen auf den „empirischen Versuch", der eine direkte Fragestellung an die Pflanze bedeutet. Bei Gleichheit aller übrigen Wachstumsfaktoren untersucht man den Einfluß, der durch die Zuführung eines Nährstoffs auf die Produktionsgröße hervorgerufen wird [2]). Die Versuchsanstellung bezeichnet man als

## § 123. III. Düngungsversuch.

Ein solcher „Düngungsversuch" beruht also auf einem Vergleich, nur Gleichungen mit einer Unbekannten sind dadurch zu lösen.

Man wählt eine entsprechende, möglichst ebene Lage aus, auf der sonst die Verhältnisse so liegen müssen, daß die Zufuhr eines Nährstoffs irgendwelcher Art zum Ausdruck kommen kann. Wo ein Boden zu trocken, zu naß, zu bindig, zu locker usw. ist, überhaupt, wo unter den verschiedenen Wachstumsfaktoren die Nährstoffe sich nicht im Minimum befinden, wird eine Düngung ohne oder nur von beschränkter

---

1) Daher sind auch die Grenzzahlen, welche verschiedenfach und verschiedentlich für landwirtschaftliche Mittelböden aufgestellt worden sind, für forstliche Verhältnisse ohne Bedeutung. Bei einem Gehalt des Bodens von etwa:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0,1% | Stickstoff, | 0,1% | Phosphorsäure | soll für landw. Kulturen eine |
| 0,1% | Kalk, | 0,5% | Kalk | Düngung überflüssig sein. |

2) Vergl. Leistner, Die Standortsuntersuchung beim forstl. Versuchswesen. Inaug.-Diss. Gießen 1912. Abgedr.: Allg. Forst- und Jagdzeitung 1912. Heft 1. u. 2. Vater, Die Ermittelung d. Zulangens d. Nährstoffe i. Waldboden. Tharandter forstl. Jahrb. 1911, Bd. 62, S. 217. Helbig, Ueber Düngung im forstl. Betriebe. Neudamm 1906, S. 112.



Wirkung sein können. Je nach Versuchsobjekt und Versuchsziel wird man Zahl und Größe der Versuchsflächen wählen. Mit der Ausdehnung der Versuchsfläche wächst die Sicherheit des Resultates, aber auch die Schwierigkeit gleiche Flächen zu finden und zu behandeln. Saatpflanzen brauchen weniger Fläche als Althölzer, hier kann 0,1 ha zu wenig, dort 0,0005 ha zu viel sein. Je nach Wurzelverbreitung bemesse man die Isolierstreifen um die Fläche, 1—2 m sei Mindestmaß. Will man nur die Wirkung eines Nährstoffs erproben, braucht man nur 2 Flächen für den einfachen Versuch: eine gedüngt, eine ungedüngt. Der größeren Sicherheit des Resultates wegen, legt man aber etwa 3 Parallelflächen an. Eine Düngung mit den 4 hauptsächlich verwandten Stoffen: Kali, Phosphorsäure, Kalk, Stickstoff würden am einfachsten nach folgendem Schema zu erfolgen haben:

(K = Kali, P = Phosphorsäure, Ca = Kalk, N = Stickstoff)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Parzelle 1 | gedüngt mit: | K, P, Ca, N | = alles, |
| „ 2 | „ „ | K, P, Ca | = ohne N, |
| „ 3 | „ „ | P, Ca, N | = ohne K, |
| „ 4 | „ „ | K, Ca, N | = ohne P, |
| „ 5 | „ „ | K, P, N | = ohne Ca, |
| „ 6 | ungedüngt. | | |

Vergl. Vater, Die Ausführung von Versuchen zur Feststellung des Nährstoffmangels der Waldböden. Tharandter forstl. Jahrb. 1909, Bd. 59, S. 177.

Wo der Erfolg durch Differenzbestimmung nicht nach Gewicht bemeßbar ist, wird die oberirdische Schaftlänge maßgebend sein, bis eine Bestimmung nach kubischem Maße möglich ist.

Bevor man nun dazu schreitet im großen den die Produktion hemmenden Nährstoffaktor durch Düngung zu ergänzen, hat man zu kalkulieren, ob die Kosten dieser Maßnahme im rechten Verhältnis zum eventuell zu erzielenden Erfolg stehen. Nicht eine Steigerung des Rohertrags, nein *eine Steigerung des Reinertrages, der Rente ist Endzweck der Düngung.* Vgl. S. 295.

Zur Ergänzung der Nährstoffvorräte zur „Düngung" stehen dem Praktiker eine große Reihe Stoffe zur Verfügung:

## § 124. IV. *Die Düngemittel.*

Als solche gelten aber in der Praxis nicht allein Stoffe, die lediglich zur Ergänzung der Nährstoffelemente des Bodens, also dessen chemischen Eigenschaften dienen, sondern auch solche, denen neben chemischen noch mehr oder weniger physikalische Wirkungen zukommen. Diese letzteren Stoffe bezeichnet man im allgemeinen als natürliche oder absolute Dünger (Stallmist, Fäkalien, Streu), während man die ersteren relative, konzentrierte oder Hilfsdünger nennt.

Die absoluten Dünger enthalten meist alle Elemente, deren sich die Pflanze zum Aufbau ihres Körpers bedient, in verschiedenem Verhältnis und gebunden an *organische* Stoffe. Die Hilfsdünger enthalten dagegen meist nur einen oder zwei „unentbehrliche" Nährstoffe in *anorganischer* Bindung. Eine gewisse physikalische Wirkung ist natürlich auch den Hilfsdüngern eigentümlich; sie äußert sich verschieden nach Düngemittel und dessen Verbindungsform.

Am höchsten bewertet sind z. Z. im allgem. diejenigen Stoffe, die bei hohem Gehalt an Nährelementen eine möglichst rasche und vollständige Ausnutzung gewährleisten: die leichtlöslichen.

## § 125. *Die natürlichen Dünger des Waldes*

bestehen in der Hauptsache aus den Abfällen der Holzpflanzen. Die Abfälle — Blattorgane, Blüten- und Fruchtreste, Rinden- und Borkenteile, abgestorbene Zweige usw. — findet man in verschieden stark zersetztem Zustande als geringmächtige

Humusauflagerung auf normalen Böden. Eine solche Auflagerung zu Düngungszwecken am anderen Platze zu verwenden, ist nur selten als wirtschaftliche Maßregel empfehlenswert. Anders liegt der Fall, wo eine Anhäufung von Trockentorf stattgefunden hat; hier kann eine Entnahme zu Düngungszwecken sehr wohl zu einem berechtigten, ja sogar waldpfleglichen Eingriff werden. Es liegt kein Widerspruch darin, den „schädlichen" Trockentorf auf einer Stelle zu entfernen, um ihn an einer anderen als Düngemittel zu verwenden. Die düngende Wirkung entsteht eben erst, wenn man den Trockentorf in Verhältnisse bringt, wo er sich zersetzen kann. Einfaches Unterbringen oder Vermischen, wie es neuerdings in der Literatur angeraten wurde, genügt dazu nicht überall. Lockere, trockene Böden zersetzen organische Substanz nicht durch oberflächliches Unterbringen; der Boden kann dadurch zu locker und trocken und der Erfolg der Maßnahme ein negativer werden. Die Tiefe, in der Trockentorf im Boden seine düngende Wirkung entfaltet, ist nach Art des Trockentorfs und seiner Menge, ebenso nach dem Standort verschieden. Das muß der Praktiker an Ort und Stelle bemessen.

Zerfallend wirkt der Trockentorf chemisch wie physikalisch: er bereichert den Boden durch seinen Zerfall direkt an Nährstoffen; durch die dabei entstehenden Produkte beschleunigt er mittelbar auch die Umsetzung von Mineralbestandteilen des Bodens, er mindert die Auswaschung gelöster Nährstoffe, lockert schwere Böden, macht leichte Böden bindiger und wasserhaltender, mildert Temperaturextreme, bietet der Mikroorganismenflora einen Nährboden, fördert die Bodengahre usw.

### Zusammensetzung von Trockentorf.

(Analysen von Emmerling und Loges, siehe Wollny, Die Zersetz. d. org. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 224.)

100 Teile Trockensubstanz enthalten Teile:

| | Buchen-Trockentorf auf Lehm | | Saurer Buchen-trockentorf | | Heide-Trockentorf auf Sand | | Trockentorf unter gemischtem Laubholz auf Sand | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Im ganzen | In Wasser löslich | Im ganzen | In Wasser löslich | Im ganzen | In Wasser löslich | Im ganzen | In Wasser löslich |
| Gebundenes Wasser: | 3,05 | — | 2,93 | — | 2,10 | — | 3,87 | — |
| Humus | 7,44 | 0,368 | 63,16 | 0,107 | 6,30 | 0,833 | 14,70 | 0,845 |
| Stickstoff | 0,37 | 0,0075 | 1,47 | 0,0372 | 0,14(5) | 0,007 | 0,59(1) | 0,022 |
| Mineralstoffe | 89,14 | 0,325 | 32,44 | 0,741 | 91,46 | 0,076 | 80,84 | 0,265 |
| | 100,00 | — | 100,00 | — | 100,00 | — | 100,00 | — |
| In den Mineralstoffen: | | | | | | | | |
| Kali | 1,426 | 0,0086 | 0,399 | 0,0081 | 0,594 | 0,0010 | 0,711 | 0,0019 |
| Natron | 0,668 | 0,0033 | 0,347 | 0,0103 | 0,649 | 0,0015 | 0,517 | 0,0023 |
| Kalk | 1,247 | 0,0079 | 0,194 | 0,0007 | 0,466 | 0,0014 | 0,526 | 0,0023 |
| Magnesia | 1,357 | 0,0007 | 0,149 | 0,0007 | 0,310 | 0,0007 | 0,355 | 0,0012 |
| Eisenoxyd | 2,346 | 0,0023 | 0,292 | 0,0088 | 0,200 | 0,0003 | 1,285 | 0,0025 |
| Tonerde | 11,037 | — | 2,879 | — | 3,374 | — | 7,854 | — |
| Phosphorsäure | 0,143 | 0,0003 | 0,091 | 0,0169 | 0,026 | 0,0007 | 0,073 | 0,0013 |
| Schwefelsäure | 0,570 | 0,0098 | 0,087 | 0,0052 | 0,073 | 0,0017 | 0,308 | 0,0042 |
| Kieselsäure | 71,064 | 0,0043 | 28,058 | 0,0060 | 86,521 | 0,0005 | 68,683 | 0,0063 |

100 Teile Humussubstanz enthalten Stickstoff:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4,969 | 2,321 | 2,301 | 4,025 |

Weitere Analysen s. Ramann, Waldstreu. Berlin 1890, S. 29, Albert, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1912, S. 2.

Gleiche Eigenschaften in noch hervorragenderem Maße besitzt

der Kompost,

der noch heute mit Recht das bevorzugteste Düngmittel der Saatschulen und Kämpe ist. Alle organischen Abfälle sind Ausgangsmaterial dafür: Trockentorf, Laub, Nadeln, Rasenstücke, ferner Grabenaushub, Teichschlamm usw. Eine Beschleunigung der Zersetzung ermöglicht schichtweises Aufsetzen mit leicht zersetzbaren oder die Verwesung begünstigenden Stoffen (Mist, Fäkalien, Kalk, Mergel, Asche, Thomasmehl etc.) Man erhält das Ganze möglichst im feuchten Zustande und sticht es im Laufe des Jahres mehrere Male vertikal um. Aufgießen von Jauche fördert den Zersetzungsprozeß. Je nach Ausgangsmaterial und Verwendungsart ist das Material nach ein bis 2 Jahren „kurz“, d. h. reif. Hat man dagegen Straßenkehricht und, was noch schlimmer ist, Unkrautgejät in reichlicher Menge verwandt, so ist zur Verminderung der Samenkeimkraft eine längere, gleichartige Behandlung empfehlenswert, die nötigenfalls durch Beigabe hitziger Dünger (Pferdemist) zu unterstützen wäre.

Die Entnahme erfolgt durch senkrechtes Abstechen, Aufbringen und Unterpflügen ($^2/_3$ bis 1 cbm auf den Ar).

Für den Großbetrieb ist natürlich der Kompost zu teuer; ob es sich aber empfiehlt, auf Kahlschlägen einige Komposthaufen zur Nachhilfe kümmernder Kulturen anzulegen, halte ich wenigstens der Erwägung wert.

Einen Moormergelkompost stellt Kienitz[1]) durch Kompostierung von Moorerde aus Waldbrüchern unter Zusatz von Mergel her; Kosten 1 cbm etwa M. 2.—. Verwendung: 1 ½—2 cbm auf den Ar.

Mittlere Zusammensetzung der hauptsächlichsten Streumaterialien.

| | 1000 Gewichtsteile lufttrockene Substanz enthalten Gewichtsteile | | | | | | | | | | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wasser | Stickstoff | Kali | Natron | Kalk | Magnesia | Phosphorsäure | Schwefelsäure | Kieselsäure | Chlor | |
| Besenpfriem | 250 | — | 4,8 | 0,3 | 2,2 | 1,6 | 1,1 | 0,4 | 1,3 | 0,2 | Nach Krafft, Landwirtsch. Lexikon, Berlin 1888, S. 128, u. Stutzer in Mentzel und v. Lengerkes Landw. Kalender 1905. Beide stützen sich auf E. Wolff, Aschenanalysen. 1. u. 2. Teil, Berlin 1871 u. 1880. Ein Strich (—) an Stelle einer Zahl bedeutet nach Wolff, daß der betreffende Stoff entweder gar nicht oder nur in „Spuren“ vorhanden war, oder auch, daß derselbe von dem Analytiker als Bestandteil der Asche nicht mit aufgeführt worden ist. |
| Binsen | 140 | — | 16,9 | 4,7 | 4,2 | 3,0 | 4,3 | 2,0 | 11,8 | 7,3 | |
| Buchenblätter im August | 560 | 13,0 | 4,4 | 0,4 | 6,3 | 1,6 | 1,8 | 0,5 | 6,2 | — | |
| Buchenlaubstreu | 140 | 10,0 | 2,3 | 0,5 | 21,2 | 3,1 | 2,4 | 1,0 | 14,5 | — | |
| Eichenlaubstreu | 140 | 10,0 | 3,5 | 1,3 | 17,1 | 4,3 | 2,0 | 0,9 | 15,4 | — | |
| Farnkraut | 250 | — | 18,6 | 1,8 | 5,6 | 3,1 | 3,7 | 1,7 | 10,0 | 3,7 | |
| Fichtennadelstreu | 126 | 9,0 | 1,3 | 0,4 | 16,0 | 1,8 | 2,0 | 0,6 | 18,1 | — | |
| Heidekraut | 200 | 10,0 | 2,1 | 1,1 | 3,6 | 1,6 | 1,1 | 0,7 | 4,3 | 0,4 | |
| Kiefernnadelstreu | 135 | 8,0 | 1,3 | 0,5 | 4,6 | 1,2 | 1,0 | 0,5 | 1,8 | — | |
| Lärchennadelstreu | 140 | — | 1,6 | 0,5 | 7,5 | 2,4 | 1,3 | 0,6 | 19,6 | — | |
| Moos | 250 | 10,5 | 3,4 | 1,4 | 2,9 | 1,3 | 1,6 | 1,1 | 5,5 | 0,7 | |
| Riedgräser | 140 | — | 20,2 | 4,4 | 3,6 | 2,6 | 4,2 | 2,0 | 18,8 | 3,8 | |
| Rohrschilf | 180 | — | 6,0 | 0,2 | 2,7 | 0,9 | 1,8 | 0,8 | 20,0 | 1,2 | |
| Seegras | 150 | 16,4 | 17,7 | 31,0 | 20,9 | 12,5 | 4,2 | 34,7 | 2,9 | 24,2 | |
| Tannennadelstreu | 132 | — | 2,7 | 0,5 | 19,5 | 2,3 | 2,7 | 0,8 | 2,5 | — | |
| Tannenschneidelstreu | 150 | — | 7,4 | 1,8 | 10,8 | 2,0 | 3,0 | 1,4 | 0,8 | — | |

1) Kienitz, Ber. d. Hauptvers. d. Deutschen Forstvereins, Leipzig 1903, S. 191.

Die Rasenasche, früher häufig angewandt und besonders von Hess[1]) erprobt, kann wegen ihres relativ hohen Preises gegenüber den Handelsdüngern kaum noch konkurrieren.

Das gleiche gilt über die Holzasche.

Wolff[2]) fand, daß 100 Teile wasserfreie Holzasche enthalten Anteile:

| | Kali | Kalk | Magnesia | Phosphorsäure | Schwefelsäure |
|---|---|---|---|---|---|
| Buche | 20—30 | 25—40 | ± 10 | 8—14 | 2 |
| Eiche | 25—35 | 18—25 | ± 16 | 12—20 | 2 |
| Birke | 15—20 | 20—30 | ± 13 | 8—12 | ± 1 |
| Kiefer | ± 13 | ± 45 | ± 8 | ± 7 | 3 |
| Fichte | 12—30 | ± 25 | ± 8 | ± 2 | 3 |

Nach Mayer[2]) kann man für gewöhnliche, unverfälschte Holzasche einen Gehalt von 7—10% Kali und 1—3% Phosphorsäure annehmen.

Holzasche hat noch stärkeren Gehalt an Alkalien als Rasenasche, man vermische sie deshalb vor der Verwendung mit Erde. Wegen des relativ hohen Kaligehaltes begünstigt sie besonders das Wachstum der Gramineen.

## § 126. Der Stalldünger

besteht zumeist aus Einstreu und Auswurfstoffen der Nutztiere. Je nach Ausgangsmaterial und Grad der Verarbeitung ist Gehalt und Wirkung verschieden; im allgemeinen ist der Preis für breitere Anwendung im Walde zu hoch.

Für den Forstbetrieb kommen hauptsächlich Rinder-, Pferde- und Schafmist in Betracht, und zwar zur direkten Anwendung oder zur Kompostierung im Pflanzgarten. Analysen s. Zusammenstellung S. 296.

Daß Mist und Mist verschieden ist, beachte auch der Forstmann beim Ankauf. Für lockere, tätige Böden wird er (zur direkten Anwendung) im allgemeinen einen wenig verrotteten Dünger vorziehen, für bindige, untätige einen mehr in Zersetzung übergegangenen. Doch hat auch eine umgekehrte Wahl Berechtigung, wenn mehr an eine Regulierung der physikalischen Eigenschaften als an eine Nährstoffzufuhr gedacht ist.

Im landwirtschaftlichen Betriebe gelten
20 Fuder zu je 1000 kg als schwache
30 Fuder zu je 1000 kg als mittlere
40 Fuder zu je 1000 kg als starke
} Düngung auf den Hektar für 3—4 Jahre ausreichend.

Die Angaben wechseln natürlich nach Boden und Fruchtfolge.

Im Walde werden zur direkten Unterbringung ähnliche Mengen empfohlen. Nach Danckelmann[3]) „reichen 8 Fuder Pferdemist für den preußischen Morgen (= 25,53 a) zu einer vollen Düngung aus.

Der Stalldünger ist chemisch wie physikalisch im Boden wirksam. Je mehr er verrottet ist, um so geringer ist sein Gehalt an organischen Bestandteilen, und um so reicher ist er an assimilierbaren Pflanzennährstoffen und umgekehrt.

Was S. 286 von der Wirkung sich zersetzender, organischer Stoffe gesagt wurde, gilt für eine Stalldüngerzufuhr zum Boden in erhöhtem Maße. Ergänzend wäre anzufügen, daß durch die gleichzeitige Einführung einer reichen Mikroorganismenflora Bewegung selbst in träge Waldboden kommt, der Boden wird tätig, kommt in Gahre, die gerade dem Waldboden häufig fehlt und die durch relative Dünger nur

1) Heß, in Heyers Waldbau, 4. Aufl., Leipzig 1893, S. 253.
2) Wolff, mitgeteilt von Mayer, Düngerlehre, 4. Aufl., 1895, S. 104.
3) Danckelmann, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1870, S. 332.



teilweise zu erreichen ist (1 g Stallmist enthält auf Trockensubstanz berechnet ca. 50 Millionen Keime).

Vergl. Behrens, Artikel „Mykologie des Düngers und des Bodens in Lafars Handb. d. Techn. Mykologie. Jena 1904. Bd. III, S. 416.

Die Mistjauche ist die vom Dunglager abfließende Flüssigkeit, ein Gemisch von Harn, Regenwasser und Auslaugungsprodukten des Stalldungs. Je wäßriger, je geringer der Stickstoffgehalt, um so wertloser ist sie (s. Analyse S. 296). Sie wirkt rasch, aber nicht nachhaltig. Durch die Einführung einer Mikrobenflora in den damit gedüngten Boden, schätzt man sie als Zugabe zu Komposthaufen, die man zu diesem Zwecke oben muldenförmig vertieft.

§ 127. Die menschlichen Exkremente wechseln ebenso in der Zusammensetzung nach Ausgangsmaterial, Verarbeitung und Behandlung nach der Ausscheidung.

Nach Heiden[1]) werden vom Menschen im Durchschnitt ausgeschieden für den Tag: 1200 g Harn, 133 g Kot = im Jahre 486, 5 kg; diese enthalten:

34,45 kg feste Bestandteile,
28,15 kg organ. Stoffe mit
5,15 kg Stickstoff und
6,4 kg Asche; darin: 1,26 kg Phosphorsäure
1,08 kg Kali.

Nach Straßburger[2]) besteht ein Drittel der Trockensubstanz des Kotes aus Bakterien, schwankend zwischen 17,2 und 68,4 %. Nach ihm berechnet sich der mittlere Gehalt der täglichen Kotabscheidung eines Menschen auf 128 Billionen Bakterien.

Eine Konservierung der in den Fäkalien enthaltenen Nährstoffe kommt auch jetzt noch bei uns kaum in Betracht. Möglichst rasche, saubere Wegführung ist Hauptaufgabe der Abfuhrsysteme.

Die Landwirtschaft nutzt die Fäkalien gewöhnlich mit Wasser oder Jauche zusammen als Kopfdünger oder nach vorheriger Kompostierung. Gleiche Behandlung und Verwendung würde sich auch für die Anwendung im forstl. Betriebe empfehlen. Das verhältnismäßig große Volumen bei geringen Dungeinheiten gestattet nur wenig Transportkosten. Um diese zu verringern, konzentriert die Fäcalindustrie die Materialien und ergänzt den ursprünglichen Gehalt an Nährstoffen durch Zusatz von Hilfsdüngern. Dadurch entsteht

die Poudrette

(Fäcal Guano), verschieden im Gehalt, Durchschnitt etwa 7—9 % Stickstoff, 2,5—3,5 % Phosphorsäure und die gleiche Menge Kali. Die Anteile an organischen Massen betragen 60—65 %. Die Poudrette ist verschiedenfach mit Erfolg zur Kämpedüngung und als Beihilfe für kümmernden Jungwuchs verwandt worden. 20—30 g auf die Pflanzplatte mit dem Pflanzhäckchen nach Entfernung der Heide flach untergebracht, zeigten nach drei Monaten günstige Entwickelung, ebenso kümmernde Buchenstreifensaat auf verharschtem Boden. Einen „raschen und befriedigenden Erfolg" erzielte man andrerseits bei zwei- bis dreijährigen Fichten, ein- bis fünfjährigen Föhren und verbissenen Eichen im Kamp durch Begießen mit einem wäßrigen Poudrettenextrakte 1 : 18.

Billiger im Preis und ähnlich in der Wirkung ist eine Kompostierung von: 100 kg rohe Grubenfäkalien,
35 kg schwefelsaures Ammoniak,

1) Heiden, Lehrbuch d. Düngerlehre, Hannover 1887, Bd. 2, S. 216.
2) Straßburger, Zeitschr. f. kl. Mediz. 1902, Bd. 46. S. 413.

17 kg Thomasmehl,
20 kg Kainit mit
90 kg Trockentorf

oder sonstigen organischen Abfällen, die zusammen nur ca. Mk. 9.— kosten würden.

Den natürlichen Düngern stehen als Düngstoffe die tierischen Abfälle nahe wie:

§ 128. Guano, Knochen-, Blut- und Ledermehl.

Sie zählen zu den künstlichen oder relativen Düngern, nehmen aber eine Mittelstellung ein. Sie enthalten hauptsächlich Stickstoff, Phosphorsäure und Kali wechselnd nach Menge und Löslichkeit. Durch chemische Behandlung führt man die „Roh"-Stoffe in „aufgeschlossene" mit höherer Löslichkeit über. Dadurch entstehen aufgeschlossene Guanos, aufgeschlossenes Knochen-, Blut-, Ledermehl, aus Knochenmehl weiterhin das Superphosphat. Letzteres mit schwefelsaurem Kali oder schwefelsaurem Ammoniak gemischt, ergibt das Kali- oder Ammoniaksuperphosphat des Handels, in dem Kali, Stickstoff und Phosphorsäure in willkürlich wechselndem Gehalte zu haben sind.

Man verwendet leichtlösliche, aufgeschlossene Guanos, Knochenmehle etc., wo es auf rasche Wirkung ankommt; die Rohprodukte sind billiger, langsamer aber ausdauernder in der Wirkung. Durchschnittsanalysen s. S. 297.

§ 129. Das Thomasmehl,

ein Abfallprodukt, bei der Entphosphorung des Eisens entstehend, ist von wesentlicher Bedeutung für den Phosphorsäuredüngemittelmarkt. Als Maßstab für seine Bewertung dient außer seinem Gehalt an Feinmehl der Phosphorsäuregehalt, der durch eine zweiprozentige Zitronensäurelösung dem Düngemittel nach einer konventionellen Methode entzogen wird. Trotz seiner relativen Unlöslichkeit in Wasser, ist das Thomasmehl ein gesuchter Phosphorsäuredünger zumal dort, wo es weniger auf eine rasche, als länger anhaltende Wirkung des Dungstoffs ankommt, als wie sie die wasserlösliche Phosphorsäure der Superphosphate ermöglicht. Besonders für perennierende Gewächse und saure (Wald-)Böden ist Thomasmehl am Platze.

Auch Rohphosphate wie Palmaerphosphat ist nach von Feilitzen[1]) und Algier-, Gafsay-, Sommephosphat nach Tacke[2]) dem Thomasmehl auf sauren Böden gleichwertig bei billigerem Preise.

Einheitlicher im Gehalt sind:

§ 130. Die Kalidüngemittel.

Es sind dies teils natürliche Bergprodukte, teils Fabrikate. Spezielles über die Zusammensetzung s. S. 298.

Der Verkauf erfolgt fast einheitlich nach den Normen des Kalisyndikates. Für die Preisbemessung der verschiedenen kalihaltigen Salze ist der Gehalt an Nebensalzen mitbestimmend, der die Dungwirkung nachteilig beeinflussen kann. Das gilt besonders von den Chlorsalzen, die mechanisch im Boden verkrustend wirken, mehr auf lehmigen als auf sandigen Bodenarten, wo eine gewisse Zusammenlagerung der Bodenteilchen manchmal ganz erwünscht sein kann. So betrug nach Märcker[3]) die Wasserverdunstung eines Bodens, wenn ohne Kali = 100, nach Düngung mit 10 dz Kainit auf den ha = 77,1, nach 10 dz Carnallit = 68,9[4]).

1) von Feilitzen, Landwirtsch. Presse (1910?) Nr. 42 und 43 S. 460 und 475, zit. nach Ernährung der Pflanze, 1910, S. 124.

2) Tacke, Hann. land- und forstwirtschaftl. Zeitung 1909, 62. Jahrgang, S. 414; zit. nach Biedermanns Zentralbl. f. Agrikultur-Chemie 1910, S. 9.

3) Märcker, Arb. d. Deutsch. Landwirtsch. Ges., Heft 17, S. 43.

4) Vgl. auch Tacke, Wirken Kalisalze durch ihre wasseranziehende Kraft günstig auf das Pflanzenwachstum? Deutsche Landw. Presse, 1910, Nr. 71.



Chemisch wirken die Kalisalze energisch umsetzend ein. Sie „ziehen den Boden aus“, sagt der Gärtner, und zwar besonders dann, wenn es dem Boden an verfügbaren Basen (Kalk) fehlt, die das nicht absorbierbare Chlor beizeiten absättigen und zum Verwaschen bringen können. Deshalb ist vor einer Kalidüngung auf eine Kalkzufuhr einige Zeit vorher Bedacht zu nehmen. Diese kräftige Einwirkung macht besonders auf leichteren, humusarmen Böden die Anwendung geringerer Quantitäten oder die Teilung größerer nötig. Gerade Nadelhölzer, denen man solche Standorte gern zuweist, zeigen sich gegen Konzentration der Bodenlösung ziemlich empfindlich, hauptsächlich junge Pflanzen. Gleiches gilt auch von oberirdischen Sprossen; eine Schädigung durch Bestreuen junger Pflanzen bis zum Absterben wurde wiederholt berichtet. Im Pflanzgarten bringe man Kalisalze tunlichst im Herbst vorher ein, oder verwende kompostiertes Material.

Bekannt ist, daß nach einer Kalidüngung sich gern Gräser einstellen, weshalb ein plätze- oder streifenweises Düngen im Walde empfehlenswert erscheint.

Einseitige Kalidüngungen haben sich auch im Walde im allgemeinen nicht bewährt, bessere Erfolge hatte man bei gleichzeitiger Zufuhr von Phosphorsäure.

Die gebräuchlichen Kalidüngemittel enthalten auch wechselnde Mengen an Magnesia und schwefelsauren Salzen, deren Zuführung früher als überflüssig galt, weil man bei dem geringen Bedarf der Pflanzen an diesen Stoffen jeden Boden damit genügend versorgt hielt.

Nach neueren Beobachtungen ist dagegen ein öfterer Mangel an Magnesia [1]) und Schwefel [2]) auf Waldboden nicht unwahrscheinlich.

Außer den oben behandelten stickstoffhaltigen Dungstoffen organischer Herkunft (Stallmist, Fäkalien usw.) sind für den Markt als spezifische Stickstoffdünger von ausschlaggebender Bedeutung das schwefelsaure Ammoniak und

## § 131. Der Chilisalpeter.

In letzterem ist der Stickstoff (15—16%) in Form der Salpetersäure vorhanden; das ist eine Bindung, die für die meisten Pflanzen direkt aufnahmefähig ist. Da Salpetersäure aber im Boden keine Absorption findet, fällt nach kurzer Zeit alles, was die Pflanze nicht aufnimmt, der Verwaschung anheim. Sonst ist Salpeter ein überaus rasch wirkendes Düngemittel, jedoch fast ohne Nachwirkung. Da überdies der Preis des Stickstoffs unter allen Düngemitteln am höchsten steht, ist eine sparsame Verwendung nötig. Besonders auf Böden, die intensive Wirtschaft gestatten, ist Salpeter ein viel benutzter Stickstoffdünger.

In der Landwirtschaft gelten etwa folgende Verhältniszahlen für den Wirkungswert der hauptsächlichsten Stickstoffdüngemittel. Nimmt man als Einheit die Ausnützung des Stickstoffs

im Chilisalpeter (15,5% N) = 100 an,

so beträgt jene für:

| | |
|---|---|
| Norgesalpeter (12—13% N) | = 100 |
| Schwefels. Ammoniak (20,5% N) | = 90—95 |
| Kalkstickstoff (17—20% N) | = 85—90 |
| Peruguano (7% N) | = 85 |
| Blutmehl (etwa 13,5% N) | = 70 |

1) Vgl. Möller, Karenzerscheinungen bei der Kiefer. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1904, S. 754. Vater, Zur Ermittelung des Zulangens d. Nährstoffe i. Waldboden. Tharandt. forstl. Jahrb. Bd. 62, 1911, S. 229.

2) Helbig, Ueber Ortstein i. Gebiete d. Granites. Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtsch. 1909, S. 5, Anmerkung.

| | | |
|---|---|---|
| Hornmehl (etwa 13,0% N) | = | 70 |
| Poudrette (etwa 7% N) | = | 55 |
| Konz. Rinderdünger (etwa 3% N) | = | 20 |

Eine Salpeterdüngung treibt die Vegetation außerordentlich, und um so mehr, wenn genügende Mengen an anderen Nährstoffen (Kali, Phosphorsäure) in leicht assimilierbarer Form vorhanden sind. Eine gleichzeitige Zufuhr von Kalk neben Stickstoffsalzen ist zu vermeiden, da Kalk diese rasch zerstört und die Dungwirkung dadurch wesentlich herabdrückt.

Eine zu starke Gabe von Salpeter kann Geilwuchs, Verzögerung des Ausreifens und qualitative Schädigung der Ernte zur Folge haben.

Unter den verschiedenen Stickstoffdüngern wird im forstlichen Betriebe eine Düngung mit Chilisalpeter nur im Ausnahmefalle stattfinden können, beispielsweise da, wo ein rasch wirkendes Mittel nötig ist, um einen Reiz auf die Vegetation auszuüben.

An Kiefernsaat beobachtete Möller[1]) Schädigung durch regelmäßiges Begießen mit einer 1‰ Chilisalpeter-Lösung, die bei Anwendung 0,02 prozentiger Lösung unterblieb. Ehrenberg[2]) und Vater[3]) führen dies darauf zurück, daß Natriumnitrat durch seine Umsetzung im Boden demselben basische Stoffe zuführe und dadurch die an sauren Boden angepaßten Kiefern schädige.

Eine Stickstoffdüngung wird man (selbst im Pflanzgarten) besser mit Kompost oder den schwerer umsetzbaren Stickstoffdüngern vornehmen: schwefelsaures Ammoniak, Blutmehl, Hornmehl, Gründüngung im Vor- oder Zwischenbau; daß auch Trockentorf und Torf 1—5% Stickstoff enthalten, vergesse man nicht (s. S. 286). Vgl. Vater, Bemerkung zur Stickstoffaufnahme der Waldbäume. Tharandter forstl. Jahrb. 1909, S. 261.

Das Schwefelsaure Ammoniak mit 20—21% Stickstoff wirkt langsamer aber auch nachhaltiger als Salpeter. Verluste durch Verwaschung (auch auf leichteren Böden) sind geringer, weil es vom Boden absorbiert wird. Immerhin wird im allgemeinen die Dungwirkung des schwefelsauren Ammoniaks um 10% niedriger bemessen als jene des Chilisalpeters.

Ein verfügbarer Vorrat an anderen Pflanzennährstoffen begünstigt auch hier den Erfolg einer Düngung.

Auf „sauren" Boden ist schwefelsaures Ammoniak ohne vorherige Kalkzufuhr nicht am Platze, weil sonst die sog. Humussäuren das Ammoniak an sich binden und Schwefelsäure frei machen, die ungebunden äußerst schädlich wirkt.

Durch Bindung atmosphärischen Stickstoffs neuerdings fabrikmäßig hergestellte Stickstoffdünger sind

Norgesalpeter und Kalkstickstoff.

Ersterer enthält neben 12—15% Stickstoff 25—30% Kalk und 20—30% Wasser, ist stark hygroskopisch, und auch an Saatschulfichten von Siefert und Helbig[4]) dem Chilisalpeter an Wirkungswert gleich gefunden worden.

Kalkstickstoff mit 17—20% Stickstoff, 55—60% Kalk und 15—20% Kohlenstoff wirkt am besten auf guten Böden, weniger auf Moor-, Humus- und Sandböden.

§ 132. Die Gründüngung besteht im Anbau gewisser stickstoffsammelnder Pflanzen, hauptsächlich Schmetterlingsblütlern, zu Düngungszwecken. Man er-

1) Möller, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1904, S. 745.
2) Ehrenberg, Die Bewegung des Ammoniakstickstoffes in der Natur. Berlin 1907, S. 226.
3) Vater, Tharandt. forstl. Jahrb. Bd. 59. Berlin 1909, S. 268.
4) Siefert und Helbig, Mitteil. d. Deutschen Landw.-Ges. 1910, S. 158.



wartet davon chemische wie physikalische Wirkungen: Zufuhr von Humus, Zufuhr von Stickstoff, Aufschließung des Untergrundes, Beschattung, Reinhaltung des Bodens, Futtergewinnung. Wollny[1]) empfiehlt: für leichte Böden: gelbe Lupine, Seradella, span. Blatterbse, Zottelwicke, Gelbklee, Schwedenklee; für lehmigen Sand und sandigen Lehm: blaue Lupine, weiße Lupine, Erbse, Wicke, Zottelwicke, Peluschke; für schwere Böden: Wicke, Ackerbohne, Bokharaklee, Seradella, Zottelwicke, Gelb-, Schwedenklee, Peluschke.

Der Ertrag der grünen Erntemasse schwankt nach gleicher Quelle etwa zwischen 60 und 320 dz und 40—200 kg Stickstoff auf den Hektar, unterschiedlich nach Standort und Versuchsjahr. In Deutschland baut man zurzeit etwa 5 Mill. Hektar Leguminosen an; wenn diese pro Jahr und Hektar nur 50 kg atmosphärischen Stickstoff sammelten, gewänne man auf diese Weise 2,5 Mill. dz. Stickstoff, die zum Chilisalpeterpreis etwa 300 Mill. Mark wert wären.

Auch für forstliche Zwecke ist die Gründüngung häufig mit Erfolg angewandt worden. Der Anbau wird künftig wohl noch breiteren Umfang annehmen.

Man verwendet einjährige wie perennierende Gründüngungspflanzen im Vor- oder Zwischenbau, auch gleichzeitig mit dem Holzsamen hat man sie in Freikultur gebracht; man nutzt die oberirdischen Teile (Wildfutter) oder bringt sie in den Boden ein, mit und ohne vorherige Düngung, Impfung usw.

Auch Robinie und Rot- und Weißerle haben auf entsprechenden Waldböden zum Vorbau und als Bodenschutzholz häufig Verwendung gefunden. Als Stickstoffsammler wurde die Roterle von Nobbe und Hiltner[2]) erkannt. Die Weißerle zeigt nach Hempel und Wilhelm[3]) die gleichen Pilzkammern; zahlenmäßiges über das Stickstoffsammlungsvermögen steht noch aus.

Wegen Einzelheiten, auf die hier nicht eingegangen werden kann, sei u. a. noch auf folgende forstl. Literatur hingewiesen:

Engler und Glutz, Mitt. d. Schweiz. Zentralanstalt für das forstl. Versuchswesen. Zürich 1903, S. 319. Hiltner, Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtsch. 1905, S. 176. Ramm, Ueber die Frage der Anwendbarkeit von Düngung i. forstl. Betriebe. Stuttgart 1892. Koch, Allg. Forst- und Jagdzeitung 1902, S. 11. May und Laspeyres, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1898, S. 115. Matthes, Ber. ü. d. 28. Vers. Thür. Forstwirte, Koburg 1901, S. 34.

§ 133. Der Kalk, das Düngemittel des Waldes, wird auch in der Landwirtschaft weniger zur Ergänzung des Kalkes als Nährstoff, als seiner indirekten, die Vegetation begünstigenden Wirkung wegen, dem Boden zugeführt. Er fördert die Ueberführung unverwitterter Pflanzennährstoffe in aufnehmbare Form, begünstigt die Mineralisierung organischer Substanzen, stumpft bezw. neutralisiert freie Säuren, lockert strenge, bindige Lehm- und Tonböden, macht sandige (besonders durch Tonmergel) bindiger und wasserhaltender und bereitet der Mikroorganismenflora ein zusagendes Nährsubstrat; besonders werden auch freilebende stickstoffsammelnde Bakterien begünstigt[4]). Gerade zur Walddüngung ist Kalk in hervorragendstem Maße, auch seines relativ billigen Preises wegen, geeignet (vgl. Helbig, Kalkdüngung in Buchensamenschlägen, Forstwiss. Centr. Bl. 1902, S. 120).

Die verwandten Mengen schwanken zwischen 1000—2000 kg Aetzkalk (CaO) oder entsprechende hohe Mengen kohlensauren Kalkes (Ca CO 3) pro ha. Kohlen-

1) Wollny, Die Zersetzung der organ. Stoffe. Heidelberg 1897, S. 438.

2) Nobbe und Hiltner, Landw. Versuchsstationen, Bd. 41, 1892, S. 138; Bd. 46, 1896, S. 153. Naturwiss. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtsch. 1904, S. 366.

3) Hempel und Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes. Wien, 2. Abt., S. 16.

4) Vergl. P. E. Müller und Weis, Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtsch. 1907, S. 52, 154.



saurer Kalk wirkt milder, er enthält aber rein nur 56 % „wirksamen" Kalkes, d. h. Aetzkalkes; 100 Teile wirksamen Kalkes entsprechen also 179 Teilen kohlensauren Kalkes. Für die Rechnung ist weiterhin beachtenswert, daß Aetzkalk sehr rasch im Boden in kohlensauren Kalk übergeht. Auf intensive Mischung mit dem Boden bei möglichst feinem Korn ist besonders Rücksicht zu nehmen.

Auf schweren, kalten, sauren Böden wirkt der gebrannte Kalk besonders günstig. Man verwendet ihn am besten im Herbst. Auf leichterem Boden kürzt man die Menge, und läßt sie einige Tage nach dem Ausstreuen am Boden liegen, um sie dann mit dem eisernen Rechen gründlich mit dem Boden zu mischen.

Kohlensaurer Kalk, Rohkalksteinmehl und Mergel verwendet man gern auf sandigen Böden; auch hier ist intensive Mischung mit dem Boden Bedingung.

Auch Kalkasche oder Staubkalk, Gaskalk, Scheideschlamm der Zuckerfabriken, Stein-, Braunkohlen- und Torfaschen enthalten wechselnde Mengen Kalk und sind, wenn billig, auch im Walde gut verwendbar.

Vergl. Löw, Kalk- und Magnesiadüngung. Landw. Jahrb. 1906, S. 529. Heinrich, Mergel und Mergeln. 2. Aufl., Berlin 1908.

Einen Anhalt über die wichtigsten Kalkdünger des Handels gibt folgende Zusammenstellung von Fleischer [1]):

| Bezeichnung | Gehalt an kohlensaurem Kalk (Calciumkarbonat) % | Gehalt an wirksamen Kalk (Calciumoxyd) % |
|---|---|---|
| Gebrannter Kalk | — | 70—99 |
| Kalkasche (Abfall) | — | 50—60 |
| Scheideschlamm aus den Zuckerfabr. (bei 35—36 % Wasser) | 27—54 | 15—30 |
| Wiesenmergel, trocken | 50—88 | 28—50 |
| Dolomit- und dolomitischer Kalk | 54—63 | 30—35 |
| Kalkstein verschiedener Formationen | 83—98 | 46—55 |
| Weiße Kreide | 80—98 | 45—55 |

## § 134. V. Die Düngung

ist Nährstoffzufuhr zum Boden. Als wirtschaftliche Maßregel ist der Endzweck der Düngung eine Steigerung des Reinertrages, der Rente. Nach diesem Gesichtspunkte sind im folgenden auch die hauptsächlichsten Fragen um „Düngung und Düngemittel" kurz behandelt.

Welches Düngemittel soll man wählen?

Das billigste, was dem Zwecke entspricht. Damit ist aber die Frage nicht gelöst; sie läßt sich zur Zeit überhaupt nicht exakt beantworten, da der Boden, dem man die Düngemittel einverleibt, mit der Pflanze um dieselben in Konkurrenz tritt, die Düngstoffe mehr oder weniger festhält und umwandelt. Andererseits ist die Pflanze verschieden befähigt vom Boden festgehaltene Nährstoffe aufzunehmen; sie besitzt auch ein qualitatives Wahlvermögen (Düngerbedürfnis). Festgehalten („absorbiert", vgl. S. 229) werden vom Boden im allgemeinen: Kalium, Ammoniak und Phosphorsäure stark, Magnesium, Calcium weniger stark, gar nicht Salpetersäure, Chlor, Schwefelsäure. Wo sonst aber die Rechnung einigermaßen die Verwendung natürlicher Dünger (Stalldung, Kompost usw.) zuläßt, ist meistens die Zufuhr in dieser Form rätlich.

Ueberspannt das Wirtschaftsziel nur eine Vegetationsperiode oder weniger (Nachhilfen), so wird man leichtlösliche Dungstoffe vorziehen; sonst muß man auf länger wirkende Bedacht nehmen oder die Zuführung leichtlöslicher wiederholen. vor dem Ausstreuen:

1) Fleischer, „Bodenkunde" in Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik, IV. Aufl. Berlin 1909, I. Bd., S. 60.



Einseitige Düngungen, nur mit Kali, nur mit Phosphorsäure, nur mit Stickstoff haben selten den gewünschten Erfolg gehabt, besonders bei Zufuhr größerer Mengen in Form der relativen Dünger. Auch Kalkzufuhr, die sonst eine Ausnahme macht, wirkt in zu starker Gabe znächst vegetationshemmend.

Ueber die Anwendung gilt kurz, daß feine Verteilung des Dungstoffes (Korn, Lösung) im Wurzelbereich der Pflanze rasche Aufnahme ermöglicht. Konzentriertere Formen mengt man mit Dammerde, Humus etc. Man vermische nicht

1. Ammoniakhaltige Stoffe mit kalkigen oder alkalischen,
2. Superphosphat nicht mit letztgenannten und auch nicht mit Salpeter und
3. Thomasmehl überhaupt nicht.

Man dünge den Pflanzplatz und vermeide breitwürfiges Ausstreuen, wo nicht unbedingt nötig; damit spart man Dünger und düngt das Unkraut weniger.

Auch die Düngermenge läßt sich nicht rezeptmäßig angeben; Standort, Pflanze, Zuchtziel und Dungstoff bedingen Verschiedenheiten. Erfahrungsgemäß wird selbst im günstigsten Falle nie die Gesamtmenge der zugeführten Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen; was unwirksam bleibt, ist meist das x-fache des Aufgenommenen. Die Landwirtschaft gibt in der Regel ein Multiplum des voraussichtlichen Entzugs und empfiehlt Vorratsdung, solange sich eine solche Ueberschußdüngung rentabel erweist. Dies geschieht auch im Pflanzgarten: Der „Bedarf“ 1jähriger Holzpflanzen stellt sich z. B. für den Hektar:

| | | | |
|---|---|---|---|
| für Fichte (6 Mill. Stück) | 1,35 kg Kali, | 5,31 kg Kalk, | 1,21 kg Phosphorsäure, |
| für Kiefer (5 Mill. Stück) | 4,6 kg Kali, | 3,9 kg Kalk, | 2,2 kg Phosphorsäure, |
| für Buche (5 Mill. Stück) | 22,0 kg Kali, | 47,9 kg Kalk, | 12,6 kg Phosphorsäure, |

d. h. 15 kg Kainit und 10 kg Thomasmehl könnten der Rechnung nach den „Bedarf“ für 1 ha 1jährige Fichte befriedigen. Statt dessen gibt man gewöhnlich das 50 bis 100 fache, weniger wäre manchmal besser.

Die Kosten einer Düngung wechseln nach Zeit und Ort, da Löhne, Düngemittel- und Transportkosten differieren. Sie wachsen weniger im Pflanzgarten, als in Beständen durch Zins und Zinseszins an. Ein günstiger finanzieller Effekt wird um so zweifelhafter, je mehr Düngung und Ernte zeitlich abliegen. Die Düngemittel selbst, besonders die relativen, büßen nach Verlauf weniger Jahre die Wirkung vollkommen ein, Neuzufuhr erhöht die Kosten und vermindert die Aussicht auf Rentabilität. Im allgemeinen verzinst der Waldboden nur weniges Meliorationskapital nach jetzt geltenden Unterlagen.

Der forstliche Großbetrieb wird zunächst noch weiterhin auf eine Ausnutzung der Bodennährstoffe angewiesen bleiben. Es gibt nur wenig Böden, welche keinen Wald zu ernähren vermögen. Die bisher gemachten Erfahrungen ermuntern nicht zur Düngung älterer Bestände[1]) in dem Erwarten, die Rente zu steigern. Bessere Resultate versprechen Maßregeln, welche die Wasserverhältnisse des Bodens zum Ausgangspunkt nehmen.

Im Pflanzgartenbetrieb wird dagegen die Düngung seit Jahren mit Erfolg betrieben. (Vgl. Bd. II, S. 125 u. von Fürst, „Die Pflanzenzucht im Walde“. IV. Aufl. Berlin 1907).

1) Vergl. Schwappach, L'emploi des engrais dans la grande culture forestière. Rapport, VIe Congrès de l'Union internationale. Brüssel 1910, p. 5. Vater, Die Tharandter Forstdüngungsversuche. Tharandter forstl. Jahrb. Bd. 61 (1911), S. 135.



## VI. Tabelle über die mittlere Zusammensetzung der hauptsächlichsten Düngemittel.

Nach E. von Wolff. Neu bearbeitet von Dr. A. Stutzer.

(Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin abgedruckt aus Mentzel und v. Lengerke's Landwirtsch. Hilfs- und Schreibkalender 1913, S. 96.)

| Bezeichnung der Düngemittel | Wasser | Organische Masse | Stickstoff ganze Menge | Stickstoff leichtlöslich | Phosphorsäure ganze Menge | Phosphorsäure leichtlöslich | Kali | Kalk | Magnesia | Schwefelsäure | Chlor und Fluor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1000 Teile enthalten ungefähr Teile:** | | | | | | | | | | |
| **I[1]). Tierische Auswürfe und Stalldünger.** | | | | | | | | | | | |
| Gew. Stallmist, frisch | 750 | 210 | 5,0 | 2,0 | 2,0 | — | 6,0 | 5,0 | 1,2 | 1,0 | 1,3 |
| Stallmist nach 3—5 monatl. fester Lagerung (gut aufbewahrt) | 770 | 170 | 5,5 | 1,3 | 2,5 | — | 7,0 | 7,0 | 1,8 | 1,5 | 1,9 |
| Stallmist desgl. überdacht gelagert | 760 | 200 | 6,0 | 1,7 | 3,0 | — | 7,5 | 7,8 | 2,0 | 1,7 | 2,0 |
| Stallmist aus Tiefstall | 750 | 200 | 7,5 | 2,7 | 4,0 | — | 8,0 | 8,5 | 2,1 | 1,8 | 2,0 |
| Frischer Mist mit Streu von | | | | | | | | | | | |
| Rindvieh | 775 | 200 | 4,2 | 1,5 | 2,5 | — | 5,0 | 4,5 | 1,0 | 0,8 | 1,0 |
| Pferd | 713 | 254 | 5,8 | 2,0 | 2,8 | — | 5,3 | 2,5 | 1,4 | 0,7 | 0,4 |
| Schaf | 680 | 300 | 8,5 | 3,0 | 2,3 | — | 6,7 | 3,3 | 1,8 | 1,5 | 1,7 |
| Schwein | 724 | 250 | 4,5 | 0,8 | 1,9 | — | 6,0 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 1,7 |
| Frischer Harn von | | | | | | | | | | | |
| Schaf | 903 | 70 | 15,8 | 15,8 | 1,3 | 1,3 | 18,5 | 1,8 | 2,5 | 1,0 | 3,8 |
| Pferd | 926 | 47 | 15,2 | 15,2 | 0,02 | 0,02 | 16,5 | 3,2 | 2,4 | 1,6 | 3,0 |
| Rindvieh | 923 | 57 | 16,0 | 16,0 | 1,5 | 1,5 | 15,5 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 1,0 |
| Schwein | 966 | 28 | 6,4 | 6,4 | 1,6 | 1,6 | 8,0 | 0,1 | 0,8 | 2,7 | 1,0 |
| Mistjauche von offener Dungstätte | 988 | 6 | 2,2 | 2,0 | 0,1 | — | 4,6 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,8 |
| Mistjauche von überdachter Dungstätte | 982 | 8 | 2,5 | 2,3 | 0,1 | — | 5,5 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 1,2 |
| Menschlicher Kot, frisch | 772 | 198 | 10,0 | — | 10,9 | — | 2,5 | 6,2 | 3,6 | 0,8 | 0,1 |
| „ Harn, frisch | 963 | 24 | 6,0 | 6,0 | 1,7 | 1,7 | 2,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 5,0 |
| Menschl. Auswürfe aus | | | | | | | | | | | |
| Gruben | 963 | 27 | 3,6 | 1,0 | 1,6 | 0,6 | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 0,4 | 4,5 |
| Tonnen | 923 | 55 | 7,5 | 4,2 | 2,7 | 1,2 | 2,9 | 1,8 | 0,9 | 0,5 | — |
| Torfmüll | 824 | 144 | 8,3 | 2,4 | 3,7 | 1,3 | 3,4 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 3,1 |
| Frischer Mist von | | | | | | | | | | | |
| Tauben | 519 | 308 | 17,6 | — | 17,8 | — | 10,0 | 16,0 | 5,0 | 3,3 | — |
| Hühnern | 560 | 255 | 16,3 | — | 15,4 | — | 8,5 | 24,0 | 7,4 | 4,5 | — |
| Enten | 566 | 262 | 10,0 | — | 14,0 | — | 6,2 | 17,0 | 3,5 | 3,5 | — |
| Gänsen | 771 | 134 | 5,5 | — | 5,4 | — | 9,5 | 8,4 | 2,0 | 1,4 | — |
| | **100 Teile enthalten ungefähr Teile:** | | | | | | | | | | |
| **II. Phosphate und Guano.** | | | | | | | | | | | |
| Florida-Phosphat | — | — | — | — | 35,0 | — | — | 41,1 | — | — | 5,9 |
| Algier-Phosphat | 3,5 | — | — | — | 29,3 | — | — | 34,0 | — | — | 0,5 |
| Peruguano, roh | 15,0 | 42,4 | 7,0 | 3,0 | 14,0 | 4,6 | 3,3 | 12,6 | 0,9 | 2,0 | — |
| | **100 Teile enthalten ungefähr Teile:** | | | | | | | | | | |
| **III. Superphosphate.** | | | | | | | | | | | |
| Florida-Superphosphat | 10,0 | — | — | — | 18,0 | 17,0 | — | 23,0 | — | 25,5 | — |
| Algier-Superphosphat | 9,4 | — | — | — | 16,0 | 15,0 | — | — | — | — | — |
| Peruguano-Superphosphat | 15,0 | 30,0 | 7,0 | 6,0 | 10,0 | 9,5 | — | — | — | — | — |

1) Die Anmerkungen zu I—V befinden sich S. 297.

| Bezeichnung der Düngemittel | Wasser | Organische Masse | Stickstoff ganze Menge | Stickstoff leichtlöslich | Phosphorsäure ganze Menge | Phosphorsäure leichtlöslich | Kali | Kalk | Magnesia | Schwefelsäure | Chlor und Fluor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 Teile enthalten ungefähr Teile: | | | | | | | | | | |
| **IV. Verschiedenes.** | | | | | | | | | | | |
| Kalkstickstoff | — | — | 19,0 | 18,8 | — | — | — | 60,0 | — | — | — |
| Blutmehl | 13,4 | 78,4 | 11,8 | — | 1,2 | — | 0,7 | 0,8 | 0,2 | 0,6 | — |
| Flechsenmehl | 27,8 | 56,6 | 9,7 | — | 6,3 | — | 0,0 | 0,7 | 0,3 | 0,1 | — |
| Fleischdüngemehl | 8,0 | 49,1 | 5,8 | — | 17,4 | — | 0,3 | 22,3 | — | 0,2 | — |
| Gerbereiabfälle | 63,3 | 17,9 | 1,4 | — | 1,3 | — | — | 13,2 | 0,3 | — | — |
| Hornmehl u. Späne | 8,5 | 68,5 | 10,2 | — | 5,5 | — | — | 6,6 | 0,3 | 0,9 | |
| Knochenasche | 6,0 | 3,0 | — | — | 35,4 | — | 0,3 | 46,0 | 1,2 | 0,4 | — |
| Knochenkohle | 8,0 | 8,0 | 0,7 | — | 25,0 | — | 0,1 | 40,0 | 1,1 | 0,4 | — |
| Knochenmehl, gedämpft | — | — | 3,0 | — | 22,0 | — | — | — | — | — | — |
| „ entleimt | — | — | 1,0 | — | 28,0 | — | — | — | — | — | — |
| „ roh, gest. | 6,0 | 80,3 | 4,0 | — | 21,0 | — | 0,2 | 31,3 | 1,0 | 0,1 | — |
| Leimkäse, trocken | 5,9 | 45,0 | 2,9 | — | 2,5 | — | 0,3 | 22,3 | 1,4 | 1,3 | — |
| Poudrette | 15,0 | 65,0 | 7,4 | — | 2,7 | — | 2,7 | — | — | 18,0 | 4,0 |
| Maikäfer, frisch | 70,6 | 24,6 | 3,5 | — | 0,6 | — | 0,5 | 0,1 | 0,1 | — | — |
| Fischguano | 9,8 | 56,2 | 8,5 | — | 13,8 | — | 0,3 | 16,0 | 0,9 | 0,5 | — |
| Ruß von Holz | 5,0 | 71,8 | 1,3 | — | 0,4 | — | 2,4 | 10,0 | 1,5 | 0,3 | — |
| „ „ Steinkohlen | 5,0 | 66,9 | 2,4 | — | 0,4 | — | 0,1 | 4,0 | 1,5 | 1,7 | — |
| Scheideschlamm d. Zuckerfabriken | 43,3 | 15,3 | 0,2 | — | 0,5 | — | 0,1 | 21,6 | 0,3 | 0,3 | — |
| Thomasschlacke | — | — | — | — | 17,5 | zitratlösl. 13,0 | — | 48,3 | 4,9 | 0,3 | — |
| Wollstaub und Abfälle | 10,0 | 56,0 | 3,0 | — | 0,5 | — | 0,1 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | — |
| | 100 Teile enthalten ungefähr Teile: | | | | | | | | | | |
| **V. Aschen und Salze.** | | | | | | | | | | | |
| Asche von Laubholz | 5,0 | 5,0 | — | — | 3,5 | — | 10,0 | 30,0 | 5,0 | 1,6 | 0,3 |
| „ „ Nadelholz | 5,0 | 5,0 | — | — | 2,5 | — | 6,0 | 35,0 | 6,0 | 1,6 | 0,3 |
| „ „ Braunkohle | — | — | — | — | 0,6 | — | 0,7 | 16,0 | 1,9 | 10,4 | — |
| Chilisalpeter | 2,6 | — | 15,5 | 15,5 | — | — | — | 0,2 | — | 0,7 | 1,7 |
| Kalksalpeter | — | — | 13,0 | 13,0 | — | — | — | 26,0 | — | — | — |
| Gaskalk | 7,0 | 1,3 | 0,4 | — | — | — | 0,2 | 64,5 | 1,5 | 12,5 | — |
| Gips | 20,0 | — | — | — | — | — | — | 31,0 | 0,1 | 44,0 | — |
| Melasseasche | 6,5 | 9,2 | — | — | 1,0 | — | 32,1 | 3,5 | 0,8 | 7,2 | 11,1 |
| Schwefelsaures Ammon | 4,0 | — | 20,5 | — | — | — | — | 0,5 | — | 58,0 | 1,4 |
| Steinkohlenasche | — | — | — | — | 0,2 | — | 0,2 | 3,5 | 0,8 | 1,0 | 0,5 |
| Torfasche, Hochmoor | 5,0 | — | — | — | 2,3 | — | 1,2 | 13,5 | 0,4 | 5,0 | 0,5 |
| „ , Niedermoor | 5,0 | — | — | — | 1,8 | — | 0,5 | 20,0 | 0,5 | 5,0 | 0,4 |

Bemerkungen:

Zu I. Die angegebenen Zahlen für Stallmist beziehen sich auf einen solchen, der bei guter Fütterung und sorgfältiger Aufbewahrung erhalten wurde. Wo dies nicht geschieht, sind die Zahlen (namentlich für Stickstoff, Phosphorsäure) erheblich niedriger.

Zu III. Bei der Wertschätzung der Superphosphate ist allein deren Gehalt an in Wasser löslicher Phosphorsäure und die genügend trockene gut streubare Beschaffenheit derselben maßgebend. Der Ursprung des verwendeten Rohmaterials ist für den Landwirt gleichgültig. Ebenfalls ist die Farbe der Superphosphate nicht maßgebend für den Wert derselben.

Ammoniak-Superphosphate. Den garantierten Gehalt an Stickstoff und an löslicher Phosphorsäure drückt man durch Zahlen aus, bei denen die erste auf den Stickstoff sich bezieht, z. B. A. S. $^5/_{10}$ oder 5: 10 enthält 5% Stickstoff und 10% lösliche Phosphorsäure.

Zu IV. Bezüglich der Fabrikabfälle ist es schwer, zutreffende Mittelzahlen anzugeben, da solche nach der Art der Fabrikation sehr wechseln.

Zu V. Die verschiedenen Kalk- und Mergelarten sind in der Tabelle nicht aufgeführt, weil deren Gehalt zu wechselnd ist. Ein guter Kalkstein (z. B. Muschelkalk) enthält 90% kohlensauren Kalk, Wiesenkalk 85%, bei anderen Mergelarten ist der Gehalt sehr verschieden und bis 10% an kohlensaurem Kalk heruntergehend. In dolomitischen Kalken (Graukalk) ist ein Teil des kohlensauren Kalkes durch Magnesia vertreten.

| | Schwefelsaures Kali $K_2SO_4$ | Chlorkali KCl | Schwefelsaure Magnesia $MgSO_4$ | Chlormagnesia $MgCl_2$ | Chlornatrium NaCl | Schwefelsaurer Kalk $CaSO_4$ | Unlöslich in Wasser | Wasser | Gehalt an reinem Kali garantiert |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 Teile enthalten Teile: | | | | | | | | |
| **VI. Kalidüngesalze.** | | | | | | | | | |
| A. Rohe Salze. (Natürliche Bergprodukte.) | | | | | | | | | |
| Kainit . . . . . . . . . . | — | 22,6 | 19,4 | — | 34,6 | 1,7 | 0,8 | 20,9 | 12—15 |
| Carnallit . . . . . . . . . | — | 15,5 | 12,1 | 21,5 | 22,4 | 1,9 | 0,5 | 26,1 | 9—11 |
| Sylvinit . . . . . . . . . | 1,5 | 26,3 | 2,4 | 2,6 | 56,7 | 2,8 | 3,2 | 4,5 | 12—15 |
| Berg-Kieserit . . . . . . . | — | 11,8 | 21,5 | 17,2 | 26,7 | 0,8 | 1,3 | 20,7 | — |
| B. Konzentrierte Salze. (Fabrikate.) | | | | | | | | | |
| Schwefelsaures Kali 96% . . | 97,2 | 0,3 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,7 | 52,0 |
| Schwefelsaures Kali 90% . . | 90,6 | 1,6 | 2,7 | 1,0 | 1,2 | 0,4 | 0,3 | 2,2 | 48,5 |
| Schwefelsaure Magnesia . . . | 50,4 | — | 34,0 | — | 2,5 | 0,9 | 0,6 | 11,6 | 26,0 |
| Chlorkalium 90—95% . . . | — | 91,7 | 0,2 | 0,2 | 7.1 | — | ,02 | 0,6 | 57,0 |
| Chlorkalium 80—85% . . . | — | 83,5 | 0,4 | 0,3 | 14,5 | — | 0,2 | 1,1 | 50,0 |
| Kalidüngesalz, mindest. 20% Kali | 2,0 | 31,6 | 10,6 | 5,3 | 40,2 | 2,1 | 4,0 | 4,2 | 22,0 |
| „ „ 30% „ | 1,2 | 47,6 | 9,4 | 4,8 | 26,2 | 2,2 | 3,5 | 5,1 | 32,0 |
| „ „ 40% „ | 1,9 | 62,5 | 4,2 | 2,1 | 20,2 | 2,4 | 3,1 | 3,6 | 42,0 |

# IV.

# Forstbotanik.

Von

## Ludwig Klein.

Benutzte Literatur der 2. Auflage: P. Ascherson und P. Graebner, Synopsis der mitteleuropäischen Flora. I. Band. Leipzig 1896—98. 415 p. 8°. (U. a. die Nadelhölzer enthaltend.) — P. Ascherson und P. Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes. Berlin 1898—99. 875 p. 8°. — A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877. 663 p. 8° mit 241 Holzschn. — L. Beißner, Handbuch der Nadelholzkunde. Berlin 1891. 576 p. 8° mit 138 Abbildungen. — J. Booth, Die Douglas-Fichte und einige andere Nadelhölzer in Bezug auf ihren forstlichen Anbau in Deutschland. Berlin 1877. 92 p. 8° mit 8 Photogr. und 1 Karte. — J. Booth, Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland. Berlin 1882. 168 p. 8°, 1 Kart. — J. Booth, Die nordamerikanischen Holzarten und ihre Gegner. Berlin 1896. 87 p. 8°, 2 Tfln.-Lichtd. — B. Borggreve, Die Holzzucht. Berlin 1891. 2. Aufl. 363 p. 8° mit 14 Textabbildungen und 16 Tafeln. — M. Büsgen, Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena 1897. 230 p. 8° mit 100 Abbildungen. — H. Christ, Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882. 488 p. 8° mit 4 Taf. und 5 Kart. — L. Dippel, Handbuch der Laubholzkunde. Berlin 1889—1893. 3 Bde. 449, 591 und 752 p. 8° mit 200, 272 und 277 Abbildungen. — O. Drude, Atlas der Pflanzenverbreitung. Gotha 1887. 8 col. Kart. Doppelfolio. — O. Drude, Deutschlands Pflanzengeographie. I. Teil. Stuttgart 1896. 502 p. 8° mit 4 Karten. — A. Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien. 2. Aufl. Berlin 1898. 214 p. 8°. — A. Engler und K. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil II—V. Leipzig 1889—99. 9 starke Bände. 8° mit über 3000 Holzschnitten. — A. B. Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1892 u. 93. 2 Bde. 669 u. 431 p. 8° mit 227 u. 417 Holzschnitten. — H. Fürst, Illustriertes Forst- und Jagdlexikon. Berlin 1888. 827 p. 8° mit 580 Abbildungen. — A. Garke, Illustrierte Flora von Deutschland. 18. Aufl. Berlin 1898. 780 p. 8° mit 760 Abbildungen. — K. Giesenhagen, Lehrbuch der Botanik. 2. Aufl. München u. Leipzig 1899. 406 p. 8° mit 528 Abbildungen. — K. Göbel, Organographie der Pflanzen. Jena 1898—1901. 838 p. 8° mit 539 Abbildgn. — P. Gräbner, Die Heide Norddeutschlands in biologischer Betrachtung. Leipzig 1901. 320 p. 8°. 1 Karte. — Grisebach, Die Vegetation der Erde. 2. Aufl. Leipzig 1884. 2 Bde. 567 u. 693 p. 8°, 1 Karte. — G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. Leipzig 1896. 550 p. 8° mit 235 Abbildungen. — J. Hamm, Der Ausschlagwald. Berlin 1896. 267 p. 8° mit 7 Lichtdrucktafeln. — Th. Hartig, Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. Berlin 1851. 580 p. 4° mit 120 kol. Kupfertafeln und Tafelerklärung. — R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. Berlin 1885. 147 p. 8° mit 6 Holzschnitten. — R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Forstgewächse. Berlin 1891. 308 p. 8° mit 103 Abbildungen. — R. Hartig und R. Weber, Das Holz der Rotbuche in anatomisch-physiologischer, chemischer und forstlicher Richtung. Berlin 1888. 238 p. 8° mit 10 Abbildungen. — R. Hartig, Die anatomischen Unterscheidungsmerkmale der wichtigeren in Deutschland wachsenden Hölzer. 4. Aufl. München 1898. 42 p. 8° mit 21 Abbildungen. — R. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten (3. Aufl. d. L. d. Baumkrankh.). Berlin 1900. 324 p. 8° mit 280 Abbildungen und einer Farbendrucktafel. — R. Hartig, Holzuntersuchungen. Altes und Neues. Berlin 1901. 99 p. 8° mit 52 Abbildgn. — G. Hempel und K. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes in botanischer und forstlicher Beziehung. Wien und Olmütz 1889—98. 3 Teile 200, 148 u. 140 p. gr. 4° mit 118, 106 und 118 Textfiguren u. 11,

25 u. 24 Farbendrucktafeln. — R. Heß, Eigenschaften und forstliches Verhalten der wichtigeren in Deutschland einheimischen und eingeführten Holzarten. 2. Aufl. Berlin 1895. 238 p. 8⁰. — A. Kerner von Marilaun, Pflanzenleben. 2. Aufl. Leipzig und Wien 1896 u. 98. 766 u. 768 p. 8⁰ mit 448 Textabbildungen, 40 Farbendruck-, 24 Holzschnittafeln u. 1 Karte. — M. Kienitz, Ueber Formen und Abarten heimischer Waldbäume. Berlin 1879. 50 p. 8⁰ mit 4 Tafeln. — K. Koch, Dendrologie. Bäume, Sträucher und Halbsträucher, welche in Mittel- und Nordeuropa im Freien kultiviert werden. Erlangen 1869—73. 3 Bde., 735, 665 u. 424 p. 8⁰. — K. Koch, Vorlesungen über Dendrologie. Stuttgart 1875. 408 p. 8⁰. — E. Köhne, Deutsche Dendrologie. Kurze Beschreibung der in Deutschland im Freien aushaltenden Nadel- und Laubholzgewächse. Stuttgart 1893. 602 p. 8⁰ mit 100 Abbildungen und ca. 1000 Einzelfiguren. — A. Mayer, Lehrbuch der Agrikulturchemie. 1. Teil. Die Ernährung der grünen Gewächse. 5. Aufl. Heidelberg 1901. 442 p. 8⁰ mit 35 Abb. u. 1 Taf. — H. Mayr, Die Waldungen von Nordamerika. München 1890. 448 p. 8⁰ mit 24 Abb., 10 Tafeln und 2 Karten. — H. Mayr, Monographie der Abietineen des japanischen Reichs. München 1890. 104 p. 4⁰ mit 7 kol. Tafeln. — H. Mayr, Aus den Waldungen Japans. Beiträge zur Beurteilung der Anbaufähigkeit usw. der jap. Holzarten im deutschen Walde usw. München 1891. 59 p. 8⁰. — E. Mielck, Die Riesen der Pflanzenwelt. Leipzig und Heidelberg 1863. 128 p. gr. 8⁰ mit 6 lith. Tafeln. — J. Möller, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. 447 p. 8⁰ mit 146 Holzschnitten. — N. J. C. Müller, Atlas der Holzstruktur, dargestellt in Mikrophotographien. Halle 1888. 21 Tafeln fol. u. erläuternder Text 110 p. 8⁰ mit 63 Holzschnitten. — H. Nördlinger, Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860. 550 p. 8⁰. — H. Nördlinger, Deutsche Forstbotanik. Stuttgart 1874 u. 76. 2 Bde. 372 u. 490 p. 8⁰ mit mehreren 100 Holzschnitten. — F. Pax, Allgemeine Morphologie der Pflanzen. Stuttgart 1890. 404 p. 8⁰ mit 126 Abbildungen. — W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Leipzig 1897. I. Stoffwechsel. 620 p. 8⁰ mit 70 Holzschn. II. Kraftwechsel. I. Hälfte 1901. 353 p. 8⁰ mit 31 Holzschn. Schluß steht noch aus. Prantl's Lehrbuch der Botanik. 11. Aufl., bearbeitet von F. Pax. Leipzig 1900. 455 p. 8⁰ mit 414 Holzschn. — J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Leipzig 1887. 884 p. 8⁰ mit 391 Holzschn. — A. F. W. Schimper, Pflanzenphysiologie auf physiologisch. Grundlage. Jena 1898. 876 p. 8⁰ mit 502 Textabbildungen, 5 Lichtdrucktafeln und 4 Karten. — F. C. Schübeler, Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75. 468 p. 4⁰ mit 77 Holzschnitten und 15 Karten. — F. Schwarz, Forstliche Botanik. Berlin 1892. 513 p. 8⁰ mit 456 Textabbildungen und 2 Lichtdrucktafeln. — F. Schwarz, Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris. Berlin 1899. 371 p. 8⁰ mit 9 Tafeln und 5 Textfiguren. — H. Solereder, Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1899. 984 p. 8⁰ mit 189 Abbildungen. — E. Strasburger, Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891. 1000 p. 8⁰ mit 5 lith. Tafeln und 17 Textabbildungen. — E. Strasburger, F. Noll, H. Schenck, und A. F. W. Schimper, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 5. Aufl. Jena 1902. 563 p. 8⁰ mit 686 Abbildungen. — K. v. Tubeuf, Samen, Früchte und Keimlinge der in Deutschland heimischen oder eingeführten forstlichen Kulturpflanzen. Berlin 1891. 154 p. 8⁰ mit 179 Abbildungen. — K. v. Tubeuf, Die Nadelhölzer mit besonderer Berücksichtigung der in Mitteleuropa winterharten Arten. Stuttgart 1897. 164 p. 8⁰ mit 100 Abbildungen. — H. Vöchting, Organbildung im Pflanzenreich. Bonn 1878. 2 Teile. 258 und 200 p. 8⁰ mit 6 Tafeln und 23 Holzschnitten. — E. Warming, Lehrbuch der oekologischen Pflanzengeographie, eine Einführung in die Kenntnis der Pflanzenvereine. 2. Aufl. Berlin 1902. 442 p. 8⁰. — Weise, Das Vorkommen gewisser fremdländischer Holzarten in Deutschland. Berlin 1882. 44 p. 8⁰. — J. Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 4. Aufl. Wien 1898. 372 p. 8⁰ mit 159 Holzschnitten. — J. Wiesner, Biologie der Pflanzen. 2. Aufl. Wien 1902. 340 p. 8⁰ mit 78 Holzschnitten und 1 Karte. — J. Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 1 Bd. Leipzig 1901. 795 p. 8⁰ mit 153 Abb. 2. Bd. im Erscheinen. — M. Willkomm, Deutschlands Laubhölzer im Winter. 3. Aufl. Dresden 1880. 60 p. 4⁰ mit 106 Holzschnitten. — M. Willkomm, Forstliche Flora von Deutschland und Oesterreich. 2. Aufl. Leipzig 1887. 968 p. 8⁰ mit 82 Holzschnitten.

Außer diesen selbständig erschienenen Werken wurde noch eine große Zahl von Aufsätzen der botanischen und forstlichen Zeitschriftenliteratur benutzt, bezüglich der fremdländischen Holzarten unter andern namentlich: R. Hartig, Ueber die bisherigen Ergebnisse der Anbauversuche mit ausländ. Holzarten in den bayrischen Staatswaldungen (forstl.-naturw. Zeitschr. 1892). — Lorey, Anbauversuche mit fremdländ. Holzarten in den Staatswaldungen Württembergs (A. F.- u. J.-Z. 1897). — H. Mayr, Ergebnisse forstl. Anbauversuche mit japanischen, indischen, russischen und seltenen amerikanischen Holzarten in Bayern (Forstw. Centralbl. 1898.) — Mayr, Die japanischen Holzarten in ihrer alten und neuen Heimat (Mittl. der Deutschen dendrol. Ges. 1901. — Schwappach, Denkschrift über die Ergebnisse der in den Jahren 1881—1890 in den preuß. Staatsforsten ausgef. Anbauversuche mit fremdl. Holzarten (Z. f. Forst- u. Jagdw. 1891. 1896). — Weise, Der deutsche Wald und die fremden Holzarten (Münchener forstl. Hefte 6. 1894).



Für die neue, dritte Auflage wurden außer der neuen Zeitschriftenliteratur, den mittlerweile erschienenen neuen Auflagen und den Fortsetzungen größerer, nicht abgeschlossener Sammelwerke eine Anzahl Bücher benutzt, die an entsprechender Stelle des Textes zitiert sind.

Für die Exoten konnte die neueste Denkschrift von Schwappach (Z. f. Forst- u. Jagdw. 1911) noch benutzt werden. Die neue Auflage erscheint zum ersten Male illustriert. Eine reiche und vollständige Illustrierung der ganzen Forstbotanik hätte die Beigabe von ungefähr 500 Abbildungen erfordert, während der Verlag nur die Mittel für ca. 100 zur Verfügung stellen konnte, von denen 20 nach photographischen Aufnahmen des Verfassers angefertigt wurden, durch ein bedauerliches Versehen zum Teil viel größer, als es von mir gewünscht war. Bei dieser Sachlage konnten dann auch noch 31 größere Baumbilder aus meinem Buche „Bemerkenswerte Bäume im Großherzogtum Baden" hier eingefügt werden. Bei den ca. 80 Abbildungen, die aus fremden Büchern entnommen sind, wurden vornehmlich solche gewählt, die nicht in jedem guten Lehrbuch der Botanik stehen, die mir aber für das bessere Verständnis des Textes von besonderer Bedeutung erschienen. Daß dabei die baumschädigenden Pilze besonders reichlich bedacht wurden, bedarf keiner besonderen Rechtfertigung und ebenso war es bei dieser Sachlage unvermeidlich, daß die Verteilung der Illustrationen über das Buch sehr ungleichmäßig ausfallen mußte.

Neu hinzugekommen ist der 4. Teil „Die nichtparasitären Krankheiten usw." Um den nötigen Raum für die Illustrierung, den neuen 4. Abschnitt und sonstige Einschaltungen zu gewinnen und den Gesamtumfang der Forstbotanik nicht allzusehr anschwellen zu lassen, mußten, neben zahllosen, kleineren Kürzungen namentlich die Exoten viel knapper behandelt werden, als dies bei der letzten Auflage geschah, zu einer Zeit, zu der es noch keine umfassende Zusammenstellung von ihnen gab. Jetzt, wo das vorzügliche, 1906 erschienene Werk von Mayr, Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa, 622 S. mit 258 Textabbildungen und 20 Tafeln vorliegt, konnte ich mich hier auf die wichtigsten Arten beschränken.

# 1. Allgemeiner Teil.

## 1. Die Glieder des Baumes als Organe. (Aeußere Morphologie und Organographie.)

### 1. Einleitung.

§ 1. Bei unseren Waldbäumen, wie bei den Gefäßpflanzen überhaupt, lassen sich sämtliche Glieder trotz aller Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit im einzelnen in zwei große Kategorien einteilen. Diese beiden Grundbegriffe heißen Wurzel und Sproß. Die einzelnen Wurzeln und Sprosse können wir entweder als Teile eines Ganzen untersuchen mit Rücksicht auf ihre äußere Gestalt, ihre Stellungsverhältnisse und ihre Entstehungsweise (Morphologie), oder als Organe eines lebendigen Organismus mit ganz bestimmten Aufgaben und Leistungen im Haushalte der Pflanze (Organographie). Hier sollen beide Betrachtungsweisen verschmolzen werden, da Gestalt und Leistung der Organe in inniger gegenseitiger Wechselbeziehung stehen.

Die einzelnen Organe lassen sich allgemein wieder einteilen in typische, metamorphosierte und reduzierte. Metamorphosiert nennen wir ein Organ, wenn es für andere Leistungen, als sie den typischen Organen zukommen, eingerichtet ist. Es kann dabei ein metamorphosiertes Organ noch sämtliche Aufgaben eines typischen erfüllen, es kann aber auch lediglich speziellen, dem typischen Organ fern liegenden Leistungen angepaßt sein; es kann in seiner Gestalt den typischen Organen noch durchweg gleichen, meist aber zeigt es mehr oder weniger weitgehende Abweichungen von diesen und ist nicht selten sowohl in seiner äußeren Gestalt wie in seinem inneren Bau außerordentlich vereinfacht. In letzterem Falle muß die Pflanze aber stets noch typische Organe besitzen, so daß ihre Gesamtorganisation durch das Auftreten der einfacheren metamorphosierten eine Bereicherung erfährt. Reduzierte oder zurückgebildete Organe finden wir bei den Schmarotzerpflanzen, den Parasiten und Saprophyten, bei welchen durch die von den grünen Pflanzen grundverschiedene Lebensweise eine tiefgreifende Veränderung und Verein-

fachung der Arbeitsleistung und damit auch eine mehr oder weniger weitgehende Vereinfachung im Bau der Organe eingetreten ist. — Unter homologen Organen verstehen wir solche, die nach ihrer Stellung am Ganzen oder nach ihrer Entstehung morphologisch gleichwertig sind, während sie in ihrer Gestalt, in ihrem inneren Bau und namentlich hinsichtlich ihrer Funktion die weitgehendsten Unterschiede aufweisen können; homolog sind zum Beispiel sämtliche Wurzeln und ebenso sämtliche Sprosse, die verschiedenen Blätter, die Stengel, die Früchte, die Samen. Analoge Organe sind dagegen solche, welche physiologisch gleichwertig sind, ohne den gleichen morphologischen Wert zu besitzen, wie Laubblätter und flache assimilierende Stengelgebilde, wie Blatt-, Stamm- und Wurzeldornen, wie die Fruchtschale der Edelkastanie und die Samenschale der Roßkastanie, wie das Fleisch einer Steinfrucht und die fleischige Samenschale von Gingko u. a. m.

## 2. Die Wurzel.

§ 2. Die typische Wurzel befestigt den Baum im Boden und dient zur Aufnahme des Wassers und der Aschenbestandteile, die teils schon im Bodenwasser gelöst sind, teils erst durch Ausscheidungen der Wurzelhaare gelöst werden. Es ist zweckmäßig, nicht das ganze, bei einem Baume meist ungemein reich verzweigte Wurzelsystem Wurzel zu nennen, wie es der gewöhnliche Sprachgebrauch tut, sondern jede einzelne Faser. Demgemäß unterscheidet man Hauptwurzel und Seitenwurzeln. Die erste Wurzel des keimenden Samens, die Keimwurzel, wird Hauptwurzel genannt, sobald sie anfängt, sich zu verzweigen; sie wächst bei ungestörter Entwickelung senkrecht abwärts und heißt Pfahlwurzel, so lange sie stärker ist, als die aus ihr entspringenden, schief abwärts, zum Teil auch horizontal wachsenden Seitenwurzeln 1. Grades. Die weiteren Verzweigungen dieser Seitenwurzeln durchwuchern den Boden nach allen Richtungen, die stärkeren und längeren derselben, deren Aufgabe vornehmlich darin besteht, neues Terrain zu erobern, heißen Triebwurzeln, an welchen die feinsten, oft nur pferdehaardünnen, reichverzweigten, kurzlebigen Saugwurzeln sitzen.

Die Kennzeichen einer typischen Wurzel sind folgende: 1. ein radiäres Gefäßbündel (cf. § 11 letzter Absatz), das aber hier nur an den Wurzelenden, bevor das sekundäre Dickenwachstum beginnt, deutlich als solches zu erkennen ist, 2. die Wurzelhaube, welche das Bildungsgewebe des Wurzelendes, den sog. Vegetationspunkt bedeckt, ähnlich wie der Fingerhut die Fingerspitze, in ihren äußeren Schichten verschleimend der Wurzel das Vorwärtsdringen im Erdboden erleichtert und den Vegetationspunkt hierbei vor mechanischen Verletzungen schützt; sie wird von Innen, vom Vegetationspunkte aus, in dem Maße erneuert, in welchem sie sich außen abnutzt; 3. endogene Entstehung, d. h. eine junge Wurzel wird immer im Innern des Mutterorganes angelegt und durchbricht später, senkrecht auf die Oberfläche der Mutterwurzel zu wachsend, die Rinde der letzteren; infolgedessen gehen die oberflächlichen Schichten der Mutterwurzel niemals direkt in diejenigen der Tochterwurzel über. 4. Die Wurzeln tragen niemals Blätter, im Gegensatz zu den wurzelähnlich lebenden, unter der Erde kriechenden Stämmen, den Rhizomen. 5. Den Wurzeln fehlt, soweit sie vom Lichte abgeschlossen unter der Erde wachsen, das Chlorophyll. 6. Die Epidermiszellen der jungen Wurzeln wachsen, außer bei den Mykorrhizen, den Pilzwurzeln, zu Wurzelhaaren aus.

Die Wurzelhaare finden sich nur an den jüngsten Saugwurzeln, sind stets einzellig, bilden sich wenige Millimeter hinter der Wurzelspitze, da, wo die



Längsstreckung der jungen Wurzel beendet ist, und funktionieren meist nur wenige Wochen, worauf sie absterben und durch neue Wurzelhaare weiter vorn an der weiter wachsenden Wurzel ersetzt werden, so daß die Wurzel immer mit neuen, noch nicht ausgenutzten Bodenpartien in Berührung kommt. Die Wurzelhaare, die namentlich an ihren Enden mit den Bodenteilchen quasi verwachsen, sind somit die eigentlichen Wasser und Aschenbestandteile aufnehmenden Organe der Pflanzen; ältere Wurzelpartien, die nach außen schon durch eine Korkhaut abgeschlossen sind, dienen lediglich zur Weiterleitung des Wassers und der Nahrungsstoffe.

Nur den Pilzwurzeln oder Mykorrhizen fehlen die Wurzelhaare. Diese eigentümlichen Bildungen finden sich bei den Nadelhölzern, den Fagaceen und vielen anderen Laubhölzern, bei welchen ein mehr oder weniger beträchtlicher Teil der Saugwurzeln sich durch auffallend dichte und kurzgliedrige Verzweigung auszeichnet und die ganze Oberfläche derartiger Wurzeln durch einen dichten, aus verflochtenen Pilzfäden gebildeten Ueberzug bedeckt ist, der auch den Vegetationspunkt umhüllt und mit der Verlängerung beziehungsweise Verzweigung der Wurzel sich verlängert und verzweigt (ektotrophe Mykorrhiza). Von diesem Pilzmantel wachsen nach allen Richtungen, gleich den Wurzelhaaren einer normalen Wurzel, Pilzfäden oder -Stränge in den Waldboden. Alle feinen Wurzel fäden aber, denen die Mykorrhizen aufsitzen, sind mit einem dichten Haarfilz normaler Wurzelhaare bekleidet. Je humoser der Waldboden, desto reichlicher pflegen die Mykorrhizen aufzutreten, wenigstens gilt dies für die Rotbuche; bei der Kiefer freilich ist es nach Möller[1]) umgekehrt: Die ektotrophen Mykorrhizen, die hier anfänglich allein bekannt waren, kommen in reinem Humus gar nicht, in humusfreiem Sand dagegen immer zur Entwickelung; die endotrophen entweder mit der ektotrophen zusammen oder für sich allein, sie haben stets viel reichlicher Wurzelhaare, die Verpilzung beschränkt sich auf die Wurzelrinde. Man hat es hier wohl nicht mit einer krankhaften Erscheinung schlechthin, mit einem Parasitieren der Pilze auf den Saugwurzeln, sondern wahrscheinlich mit einem Fall von Symbiose zu tun, bei welchem zwei so grundverschiedene Dinge, wie Baumwurzel und Pilz, von dem gemeinsamen Haushalte, jedes in seiner Weise, Vorteil ziehen. Der Pilzmantel bezieht wahrscheinlich von den Rindenzellen der Wurzel Kohlehydrate und führt ihr dafür Wasser, Aschenbestandteile und namentlich Stickstoffverbindungen zu, er erleichtert nach Stahl [2])



Abb. 1.
Junge, gabelig verzweigte Mykorrhiza von Pinus silvestris. — Vergr. 8. (nach v. Kirchner).

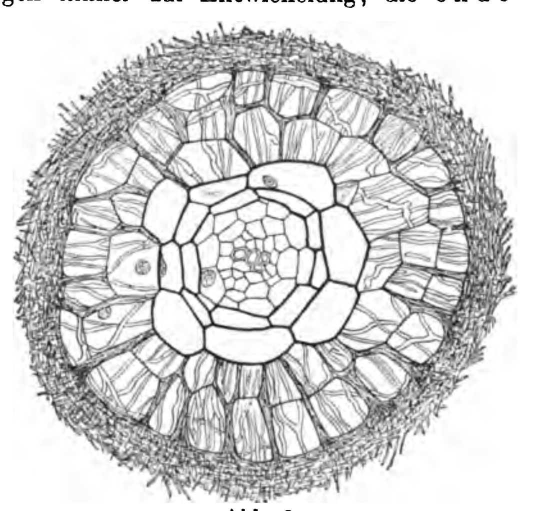


Abb. 2.
Querschnitt durch eine junge Mykorrhiza von Pinus silvestris mit ektotrophen und endotrophen Pilzhyphen. (nach v. Kirchner). — Vergr. 185.

1) Möller, Wurzelbildung der Kiefer. Zeitsch. f. Forst- u. Jagdwesen 1902, S. 209 ff.
2) E. Stahl, Der Sinn der Mycorrhizenbildung (Jahrburh für wiss. Bot. 1900 p. 539—668).

der Baumwurzel die Aneignung der Nährsalze in Konkurrenz mit den in jedem humosen Waldboden sehr reichlich vorhandenen Pilzhyphen, welche den Wurzeln höherer Pflanzen hinsichtlich der Ausnutzung des Substrates überlegen sind. Die Vermutung, daß die Mykorrhizen freien Stickstoff zu assimilieren vermögen, konnte Möller, wenigstens für kultivierte 1 bis 2jährige Kiefern nicht bestätigen; jedenfalls ist die Mykorrhiza nicht imstande, den Stickstoffbedarf der Pflanzen in einem Boden zu decken, der frei von Stickstoffverbindungen ist. — Vor einem Jahrzehnt etwa schien die Mykorrhizafrage im wesentlichen gelöst, heutzutage ist fast alles unsicher, selbst der Kardinalpunkt: Symbiose oder Parasitismus?

Die Verzweigung der Wurzeln ist nicht so streng regelmäßig, wie die der beblätterten Zweige. Aus der Mutterwurzel entspringen in einiger Entfernung vom Vegetationspunkt die Seitenwurzeln in akropetaler Folge und in ebenso vielen Längsreihen, als das Gefäßbündel der Hauptwurzel Holzstrahlen aufweist und zwar stehen die Seitenwurzeln immer vor den Holzteilen der Mutterwurzel. An älteren Wurzeln wird durch Wurzelverlust und Bildung von neuen Seitenwurzeln, namentlich an verletzten Stellen, die ursprüngliche Regelmäßigkeit mehr oder weniger verwischt.



Abb. 3.
Silberweiden an einem Altwasser des Rheins (Bodensee) bei Karlsruhe. Die Bäume standen im regenreichen Sommer 1910 lange Zeit im Hochwasser und haben sich an Stämmen und Aesten mit einem dichten Pelz langer, dünner, reichverzweigter Adventivwurzeln bedeckt. L. Klein phot. 1911.

Adventivwurzeln heißen Wurzeln, die ihren Ursprung nicht aus Wurzeln, sondern aus anderen Organen nehmen. Adventivwurzelbildung ist bei Rhizomen, bei vielen kletternden und kriechenden Pflanzen Regel und ebenso tritt sie bei unseren Waldbäumen bei der Stecklingsvermehrung in Erscheinung. Hier bilden sich aus dem sog. Kallus, dem jungen Ueberwallungswulste der unteren Schnittfläche, zahlreiche Adventivwurzeln; außerdem brechen solche mehr oder weniger zahlreich aus der Rinde des Stecklings hervor. Die Leichtigkeit, mit welcher sich Stecklinge bewurzeln, ist für die einzelnen Holzarten sehr verschieden; besonders günstig verhalten sich in dieser Beziehung die Weiden, Pappeln und die Thujaarten, für welche eine derartige Vermehrungsweise in praxi fast allein in Frage kommt.

Von unseren einheimischen Nadelhölzern bewurzeln sich Stecklinge der Fichte leicht; doch wird diese Vermehrungsweise nur bei Gartenvarietäten angewandt.

Adventivwurzeln bilden sich auch nicht selten in alten hohlen Bäumen, namentlich in freistehenden Linden, wo sie mit der Zeit gewaltige Stärke erreichen und die geminderte Standfestigkeit eines solchen Baumes wieder erhöhen können. Werden aufrechte Baumstämme übererdet, oder kommen sie sonstwie mit feuchter Erde oder dergleichen in dauernde Berührung, so bilden sich hier, besonders an verletzten Stellen oft reichlich Adventivwurzeln. Vom Sturme geworfene Fichten, die sich später zu „Harfenbäumen" gestalten, können aus dem auf feuchtem Boden liegenden Stamm sehr kräftige Adventivwurzeln entwickeln (Abb. Klein IV, S. 66). Am auffallendsten und reichlichsten aber tritt Adventivwurzelbildung bei Weiden auf, die im Sommer längere Zeit im Hochwasser standen. Hier können sich Stämme und Aeste bis zur Höhe von über 2 m mit einem förmlichen Wurzelpelze bekleiden. (Abb. 3.)

Der Habitus des Wurzelsystems wird in erster Linie durch das Vorhandensein oder Fehlen einer senkrecht abwärts wachsenden Pfahlwurzel bedingt, die schon bei den einjährigen Pflanzen mächtig entwickelt sein kann, wie bei den Eichen, Nußbäumen, Hickoryarten u. a., aber auch erst im 2. Jahre und später erstarken kann, wie bei der Weißtanne, der Kiefer, dem Birnbaum etc. Stirbt die Hauptwurzel frühzeitig ab, dann treten häufig einige kräftige, schief abwärts wachsende Seitenwurzeln an ihre Stelle, die sog. Herzwurzeln, oder das Wurzelsystem wird ganz flach und tellerförmig wie bei unserer Fichte. Die Ausbildung des ganzen Wurzelsystems hängt in ganz außerordentlichem Maße von äußeren Umständen ab, namentlich von der physikalischen und chemischen Bodenbeschaffenheit und von der Verdunstungsgröße der Laubkrone. Die Nebenwurzeln höherer Grade, frei vom richtenden Einfluß der Schwerkraft, wachsen stets nach den feuchteren Bodenstellen zu, verzweigen sich in armen Bodenstellen spärlich, in nährsalzreicheren, die sie zufällig treffen, sehr viel reichlicher und nutzen so den Boden mit möglichst rationell verteiltem Materialaufwand möglichst vollkommen aus. Das Wurzelsystem als ganzes entwickelt sich bei der gleichen Holzart in mäßig frischem Boden stärker als in sehr feuchtem, in sehr nährsalzreichem (stark gedüngtem) schwächer als im ärmeren, entsprechend der Leichtigkeit, mit welcher die Wurzeln Wasser und Aschenbestandteile erwerben können. Im lockeren, gut durchlüfteten Boden entwickelt sich das Wurzelsystem reichlicher als im schweren Tonboden; im sumpfigen Moorboden, dessen tiefere Schichten sauerstoffrei sind, kann sich nur ein flaches Wurzelsystem entwickeln, auch bei Holzarten, die, wie die gemeine Kiefer, normalerweise eine tiefgehende Pfahlwurzel bilden. Ebenso befördert naturgemäß ein flachgründiger Boden, dessen anstehendes Gestein der Entwickelung der Pfahlwurzel vorzeitig ein Ziel setzt, die Ausbildung der Seitenwurzeln und Spalten und Klüfte im Gestein werden von den Wurzeln in bewundernswerter Weise ausgenützt, wobei die Wurzeln mit der Zeit weitgehende Deformationen erfahren können.

Die Wurzelsysteme der einzelnen Holzarten lassen nach Büsgen [1]) feinere, zur Unterscheidung dienliche Unterschiede erkennen. So treten z. B. bei der Kiefer im Verhältnis der Trieb- zu den Saugwurzeln an den jüngsten Verzweigungen ganz ähnliche Unterschiede wie im Aufbau der Krone auf: Lang-

1) M. Büsgen, Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln (A. F.- und Jagd-Zeitg., Augustheft 1901).





und Kurzwurzeln sind auf den ersten Blick zu unterscheiden. Die Kurzwurzeln sind Mykorrhizen, entbehren der Wurzelhaare und bilden ein nur einige Millimeter langes lockeres, wiederholt gabelig verzweigtes Sträußchen (Abb. 1) oder ganz dichte knollige Wurzelklümpchen und sitzen den Langwurzeln in ziemlich unregelmäßiger Folge seitlich an, gelegentlich den einen oder anderen Wurzelzweig zur Langwurzel auswachsen lassend. Bei Fichten, Tannen und Lärchen sind die Kurzwurzeln traubig verzweigt und darum weniger auffällig gestaltet, einerlei ob sie Mykorrhizen sind oder nicht, in welch letzterem Falle sie stets reichlich Wurzelhaare tragen. Die Laubhölzer zeigen eine viel feinere Gliederung des Wurzelsystems und in den letzten Auszweigungen ist bei vielen ein scharfer Unterschied zwischen Lang- und Kurzwurzeln überhaupt nicht mehr vorhanden, was namentlich für die Esche gilt. Ebenso ist auch die Gesamtlänge der in einem Jahre erzeugten Würzelchen bei einem solchen Baume viel größer, als bei einem der genannten Nadelhölzer, indem sich in der Länge der Wurzelsysteme auch der Wasserbedarf der einzelnen Holzarten ausspricht und sich nach v. Höhnels Versuchen bei reichlicher Wasserversorgung die Transpiration der Laub- und Nadelhölzer wie 6 : 1 verhält. Bei einem ungemein wasserbedürftigen Baume, wie es die Esche ist, muß das Wurzelsystem in erster Linie auf den Erwerb großer Wassermengen, auf extensive Bodenbenutzung, eingerichtet sein, während z. B. das Wurzelsystem der viel weniger wasserbedürftigen Buche mit seinen auffallend dünnen, aber ungemein reich verästelten Würzelchen zwar sehr viel weniger Bodenraum, diesen aber viel intensiver ausnutzen kann. Die Eschenwurzel bekommt mit dem von ihrem ausgebreiteten Wurzelsystem reichlich aufgenommenen Wasser trotz der Konkurrenz der Bodenpilze genügende Mengen von Mineralstoffen und kann darum der Mykorrhizabildung entbehren, die Buche aber besitzt dreierlei Wurzelformen: 1. auffallend lange und fadendünne, locker verzweigte, locker oder nicht verpilzte und unregelmäßig mit kurzen Haaren besetzte Langwurzeln, die hauptsächlich zur Ausbreitung des Wurzelsystems dienen, 2. besonders dicht mit mehreren Reihen von Seitenwürzelchen besetzte Mykorrhizen, die in ihrer Verzweigung einem bis zum Grunde beasteten Fichtenbäumchen gleichen und später verloren gehen oder als Langwurzeln weiter wachsen können und 3. kurze, dünne, behaarte oder unbehaarte Wurzelzweige mit breitem Ende, die in der Entwickelung zurückgebliebene, später wohl größtenteils verloren gehende Saugwurzeln sind. Das reichverästelte Wurzelsystem des Spitzahorns, dessen Lang- und Kurzwurzeln nicht scharf voneinander geschieden sondern durch Uebergänge verbunden sind, nimmt eine Art Mittelstellung zwischen Esche und Rotbuche ein. Eiche, Weißbuche und Hasel schließen sich der Rotbuche an, Erle und Linde dagegen lassen Aehnlichkeit mit dem Wurzelsystem von Esche und Ahorn erkennen.

Die Zeit der Wurzelbildung und des Wurzelwachstums fällt mit derjenigen der Sproßbildung und des Sproßwachstums nicht durchweg zusammen. Durch die oben erwähnte Untersuchung Büsgens ist auch auf diesem Gebiete einigermaßen Klarheit in die einander wiedersprechenden Literaturangaben über die Zeit des Wurzelwachstums gebracht und wir wissen jetzt, daß die Angaben Willdenows (1798) und Resas (1877) im wesentlichen zu recht bestehen, wir wissen, daß es zwei durch eine Ruhepause getrennte Perioden des Wurzelwachstums gibt, eine im Frühjahr und eine im Herbste. Was den Beginn des Wurzelwachstums anlangt, so sind schon im März zahlreiche Wurzeln im Wachsen begriffen, ohne daß jedoch ein direkter Zusammenhang zwischen dem Aufbrechen der Knospen und dem Beginn der Wurzelentwickelung zu konstatieren ist. Da die

meisten Wurzeln im Juni noch reichlich im Wachsen begriffen sind, so kann von einer zeitlichen Trennung der oberirdischen und unterirdischen Wachstumstätigkeit, von einer Art Arbeitsteilung, wie sie Resa annahm, keine Rede sein, denn die Pause des Wurzelwachstums im Juli und August, die aber keineswegs ein allgemeiner Wachstumsstillstand ist, tritt erst ein, wenn die Blattentfaltung abgeschlossen oder so gut wie abgeschlossen ist und entspricht somit auch einer Pause im Wachstum der Langtriebe. Der Neubeginn der Wurzelentwickelung im September und Oktober läßt sich vielleicht der Johannistriebbildung vergleichen, der freilich in unserem Klima viel früher durch die Winterruhe ein Ende gesetzt wird, als dem Wurzelwachstum, welches bei zahlreichen Wurzeln in dem wärmeren Boden bis in den November und Dezember fortdauert.

Mit den ernährungsphysiologischen Bedürfnissen des Baumes steht der dargelegte Rhythmus der Wurzelentwickelung keineswegs im Widerspruch, denn Entwickelung und Aufnahmetätigkeit der Wurzeln sind zwei ganz verschiedene Dinge, die keineswegs zusammenzufallen brauchen, wie denn auch die Wurzeln im Hochsommer, gerade zu der Zeit, zu welcher sie am intensivsten arbeiten müssen, einen relativen Wachstumsstillstand zeigen. Bei der Wasseraufnahme wirken auch tote Wurzelhaare noch energisch mit, während die chemische Tätigkeit der Wurzel, namentlich die Ausscheidung der phosphorsauren, ameisensauren und oxalsauren Salze, welche neben der Kohlensäure die Aufschließung der Bodenbestandteile bewirken, natürlich nur durch lebende Wurzelhaare vermittelt werden kann.

Das Schicksal der im Frühjahr und Herbste neu gebildeten Wurzeln ist verschieden; einzelne werden zu Triebwurzeln, die sich dauernd verlängern, andere, kurz und schwach bleibend, werden zu Saugwürzelchen, bilden den Hauptsitz der Mykorrhizabildung und gehen oft bald zugrunde. Wie die Laubkrone sich durch das Absterben der schwächeren Zweige „reinigt", so reinigt sich auch das Wurzelsystem von den überzählig und überflüssig gewordenen Organen, indem beim Kampf der einzelnen Wurzeln um die Nährstoffe die schwächeren Würzelchen unterliegen.

Da die typische Wurzel ganz bestimmte Leistungen für die oberirdischen Sprosse zu erfüllen hat, so besteht zwischen der Größe des ganzen Wurzelsystems und der Größe der belaubten Krone ein ganz bestimmtes Verhältnis, eine sog. Korrelation, die abhängt von der Natur der einzelnen Holzart, von dem Wasserbedürfnis und der Entwickelung der Krone, von der Luft- und Bodenfeuchtigkeit und den Standortsverhältnissen überhaupt. Dieses Gleichgewicht zwischen Kronen- und Wurzelgröße wird beim Verpflanzen gestört, um so stärker, je älter die Pflanze ist, weil dann ein um so größerer Teil des gesamten Wurzelsystems und namentlich der Saugwurzeln im Mutterboden zurückbleibt. Bekannt ist, daß man die Laubholzbäume im entlaubten Zustande verpflanzt; bei ihnen läßt sich die gestörte Korrelation durch mehr oder weniger weitgehende Einkürzung der Krone verhältnismäßig leicht ausgleichen, auch treten an die Wurzeln sofort nach dem Verpflanzen zumeist keine großen Anforderungen heran, weil die meisten Laubhölzer (Ausnahme Tulpenbaum) im Zustande der Vegetationsruhe im Herbste, oder im Frühjahr erheblich vor dem Laubausbruch verpflanzt werden.

Anders liegen aber die Dinge bei den immergrünen Holzarten, speziell bei den Koniferen, die am besten bei Beginn des Triebes, Anfang Mai, anwachsen und bei denen eine Einkürzung der Krone ausgeschlossen ist. Da ist es ein völlig aussichtsloses Beginnen, etwa mannshohe Fichten oder Tannen aus dem Walde noch verpflanzen zu wollen; nur durch geeignete Vorbereitung, durch öfteres Verschulen, welches die

Hauptmasse des Wurzelsystems auf einen kleinen Raum zusammendrängt, so daß die Wurzeln „Ballen halten" und namentlich durch Kultur in in die Erde eingegrabenen Weidenkörben, die etwa alle 2 Jahre erneuert werden, kann man auch größere Koniferen derart erziehen, daß sie jederzeit und ohne Einbuße an Schönheit bei genügender Vorsicht verpflanzt werden können.

§ 3. Metamorphosierte Wurzeln spielen, abgesehen von den als Anhängsel der typischen Wurzeln schon behandelten Mykorrhizen, bei unseren Waldbäumen keine Rolle. Durch das Medium erfahren normale Erdwurzeln eine gewisse Metamorphose, wenn sie, wie das bei Weiden und Erlen an steilen Bachrändern nicht selten ist, frei ins Wasser hineinwachsen oder wenn Erdwurzeln zufällig in Drainageröhren hineingeraten und sich dort unter den besonders günstigen Ernährungsverhältnissen zu sog. Wurzelzöpfen entwickeln. Beim Epheu wenden sich die auf der Unterseite des kletternden Stammes hervorbrechenden, schon dicht hinter dem Vegetationspunkte angelegten Adventivwurzeln zufolge ihres negativen Heliotropismus dem Substrate zu und klammern sich an demselben mit ihren Wurzelhaaren fest, so zu Klammerwurzeln werdend, die hier infolge von Trockenheit und Nahrungsmangel bald absterben, während sie an in den Boden gesteckten Epheuzweigen oder da, wo eine solche Adventivwurzel zufällig eine mit fruchtbarer Erde gefüllte Mauerritze trifft, sich zu ganz normalen typischen Wurzeln entwickeln.

Reduzierte Wurzeln finden wir bei der auf den verschiedensten Bäumen schmarotzenden Mistel (§ 79).

### 3. Der Sproß.

§ 4. Der Sproß ist ein beblätterter Stengel. Die Knospe ist das Jugendstadium des Sprosses. Der typische Sproß ist der Laubsproß. Der erste Sproß einer Pflanze ist der Keimsproß. Als Organ erhebt sich der Sproß über das Substrat, um am Lichte zu assimilieren, d. h. neue organische Substanz zu erzeugen, welche einerseits zur Deckung der Haushaltungskosten der Pflanze (Atmung, Dickenwachstum etc.), anderseits zur Bildung neuer Sprosse und Wurzeln und schließlich zur Bildung der Fortpflanzungsorgane Verwendung findet.

Es ist unmöglich, ganz allgemein den Begriff der Blätter ohne Rücksicht auf die tragende Achse und umgekehrt den der Achse ohne Rücksicht auf die von ihr erzeugten Blätter scharf zu definieren, weil Blatt und Achse eben nur Teile eines Ganzen, des Sprosses, sind. Achse ist nur das, was Blätter trägt, Blatt nur, was in bestimmter Weise aus der Achse entsteht.

Als Hauptkennzeichen eines Blattes haben wir im allgemeinen folgende drei Punkte anzusehen: 1. Die Blätter entstehen exogen als Ausstülpungen aus dem Teilungsgewebe des Vegetationspunktes in akropetaler Folge, d. h. die obersten sind die jüngsten, während die Wurzeln endogen aus bereits ausgewachsenen Partien der Wurzel hervorgehen. 2. Die Blattanlagen zeigen anfänglich rascheres Wachstum, als das über ihnen stehende Achsenende, sie wachsen anfänglich auf der Unterseite rascher als auf der Oberseite, krümmen sich infolgedessen über den Vegetationspunkt herüber und bilden mit ihm eine Knospe. Die Spitze ist derjenige Teil des Blattes, welcher in der Regel am frühesten ausgewachsen ist und das Wachstum des Blattes ist, wenigstens bei den Bäumen, stets ein begrenztes. 3. Die Blätter besitzen fast immer eine andere Gestalt, als die tragenden Achsen.

Die Ansatzstellen der Blätter heißen Knoten, die Strecke zwischen zwei Knoten Internodium. Sprosse mit rutenförmigen Achsen heißen Langtriebe, solche mit gestauchten Achsen Kurztriebe; am schönsten treten uns letztere bei den Kiefern und Lärchen und bei Berberis entgegen, aber auch bei älteren Buchen, Pappeln, Eschen, Grünerle usw.

Die ungeheure Mannigfaltigkeit im Habitus der einzelnen Sprosse wird, wenn wir von Lang- und Kurztrieb absehen, wesentlich nur durch die Größe, Gestalt, Stellung und Zahl der Blätter bedingt, der Habitus des ganzen Sproßsystems, der Krone, dagegen durch die Größe, die Gestalt, die Wuchsrichtung und die Verzweigung der einzelnen Jahrestriebe, sowie durch das Mengenverhältnis von Lang- und Kurztrieben und das Stärkeverhältnis von Aesten und Zweigen.

§ 5. Die Knospen bilden entweder den oberen Abschluß eines Sprosses (Endknospe), oder sie stehen in den Winkeln, welche die Blätter mit den tragenden Achsen bilden, den Blattachseln (Achsel- oder Seitenknospen). Gewöhnlich steht in jeder Blattachsel nur eine Knospe, bei manchen Laubholzbäumen wie Rotbuche, Weißbuche, Linde und Birke entbehren die beiden untersten Blätter jedes Jahrestriebes der Achselknospen, bei Gleditschia, den Loniceraarten, der als Zierbaum in milden Gegenden gezogenen Paulownia, der bekannten Schlingpflanze Aristolochia Sipho, stehen gar 2—3 Knospen in jeder Blattachsel übereinander, wovon man die überzähligen als Beiknospen zu bezeichnen pflegt; bei den Nadelhölzern dagegen ist die Zahl der Knospen viel kleiner als diejenige der Blätter, weil lange nicht in jeder Blattachsel eine Knospe steht. Endlich sind noch die Adventivknospen zu erwähnen, welche bei unseren Bäumen auf Stamm und Wurzel (sog. Wurzelbrut) beschränkt sind und mehr oder weniger regellos aus älteren Geweben oder aus Ueberwallungswülsten entspringen. In der Knospe sind die jungen Laubblätter in einer für die Gattung charakteristischen Weise zusammengelegt (Knospenlage), z. B. längs der Mittelrippe gefaltet bei Eiche, Linde und Kirsche, außerdem noch längs den Seitenrippen 1. Grades gefaltet bei der Buche und Erle, von den Rändern her eingerollt bei den Pappeln, zurückgerollt bei den Weiden etc.

Die Knospen entfalten sich entweder noch im gleichen Jahre, in welchem sie angelegt wurden oder sie überwintern. Bei diesen Winterknospen werden die ältesten Blattanlagen in holzige, lederige oder trockenhäutige Knospenschuppen umgewandelt, deren Aufgabe in erster Linie darin besteht, die zarten, inneren Anlagen vor dem Vertrocknen zu schützen, sowie vor mechanischen Verletzungen, wenn der Sturm die entlaubten Baumkronen peitscht. Winterknospen, welche derartiger Knospenschuppen entbehren, wie diejenigen des wolligen Schneeballs, der Robinie u. a. heißen nackte Knospen. Bei Robinia sind die nackten Winterknospen durch Einsenkung in das Rindengewebe, beim wolligen Schneeball durch dichtfilzige Behaarung geschützt. Aus vorzeitig austreibenden Winterknospen gehen die Johannistriebe hervor. Die Ausbildung der Winterknospen erfolgt meistens schon im Anfange der Vegetationsperiode. Entfernt man frühzeitig die Blätter eines Sprosses, so können, wie Göbel gezeigt hat, dieselben Anlagen, welche im normalen Verlauf der Dinge zu Knospenschuppen geworden wären, zu Laubblättern auswachsen, ein Beweis dafür, daß die Knospenschuppen aus richtigen Laubblattanlagen durch Metamorphose entstehen. Die Zahl der Knospenschuppen schwankt bei den einzelnen Holzarten innerhalb sehr weiter Grenzen; wir finden z. B. nur eine einzige (durch Verwachsung von zweien



entstandene) bei den Weiden, zwei bei den Erlen, einige Dutzend bei den Eichen und Rotbuchen, ca. 100 bei der gemeinen Fichte und Kiefer und ca. 350 bei der Schwarzkiefer.

Bei der Entfaltung der Knospen strecken sich die Internodien der jugendlichen Achse, und, umgekehrt wie bei der Bildung der Knospen, wächst jetzt die Oberseite der Blattanlagen stärker als die Unterseite, so daß sich die jungen Blätter von der Knospe abheben. Die Entfaltung der Winterknospen wird bei den sommergrünen Bäumen durch direktes Sonnenlicht beschleunigt, durch mangelnden Sonnenschein verzögert; noch viel wichtiger ist aber für sie die Erwärmung des Bodens, der Wurzeln, des Bauminnern und der Knospen selbst durch das erwärmte, aufsteigende Bodenwasser, wie das frühere Ergrünen seichtwurzelnder, junger Bäumchen zeigt. Bei der Entfaltung selbst wachsen die derben Knospenschuppen etwas an ihrer Basis, bei einzelnen Holzarten wie Roßkastanie u. a. sogar sehr beträchtlich, und fallen schließlich ab. Hat die Winterknospe sehr zahlreiche Knospenschuppen, wie z. B. bei der Rotbuche, den Fichten, Tannen und Kiefern, dann bleiben die inneren Knospenschuppen, an der Basis sich ablösend, noch längere Zeit als trockenhäutige Mützchen auf der Spitze der zusammenliegenden, in Streckung begriffenen jungen Laubblätter, denselben namentlich gegen leichtere Spätfröste noch einen gewissen Schutz gewährend. Aus den obersten Knospen eines Jahrestriebes gehen gewöhnlich die längsten Triebe hervor, der Gipfeltrieb selbst pflegt am allerlängsten zu sein; derselbe geht aber keineswegs wie bei den Nadelhölzern, Ahornen, Eschen und in der Regel bei den Eichen und Rotbuchen immer aus der Endknospe hervor, denn bei den meisten unserer Laubhölzer schließt der Jahrestrieb nicht mit einer wohl ausgebildeten Endknospe ab, sondern das Triebende verkümmert, wie dies bei den Birken, Weißbuchen, Haseln, Aspen, Weiden, Ulmen, Linden, den Prunusarten, nicht selten auch bei Rotbuchen und Eichen der Fall ist und die oberste Seitenknospe setzt dann, sich genau in die Richtung des Muttersprosses stellend, den Trieb fort. Die Grenze der einzelnen Jahrestriebe ist meist durch eine feine Querringelung der Rinde, die Narben der abgefallenen Knospenschuppen, deutlich gekennzeichnet. Je weiter vom Gipfel entfernt, desto kürzer pflegen die Seitentriebe zu werden, bei den Kiefern folgen direkt auf die aus den obersten Knospen hervorgehenden Quirläste ausschließlich sehr kleine Kurztriebe, bei den Laubhölzern nimmt die Länge der Seitentriebe meist allmählich ab, jeweils finden sich aber die ausgesprochenen Kurztriebe stets in der unteren Partie des Jahrestriebs. Die am weitesten von der Triebspitze entfernten Winterknospen treiben übrigens unter normalen Verhältnissen im nächsten Frühjahr in der Regel überhaupt nicht aus, ohne indes zugrunde zu gehen;

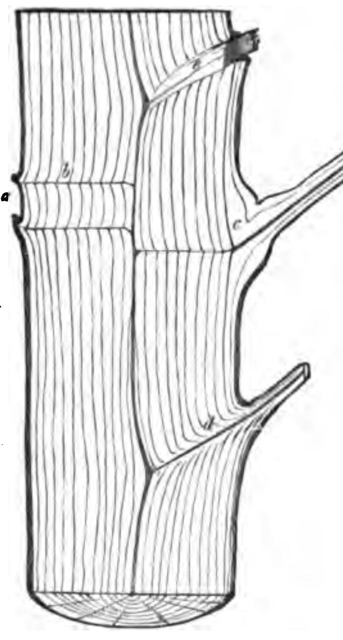



Abb. 4.
Längsschnitt durch ein 12-jähriges Buchenstämmchen. Bei a zwei schlafende Augen (ehemalige Blattachselknospen), deren Knospenstämme b senkrecht zur Hauptachse stehen. Ein drittes schlafendes Auge c ist vor 2 Jahren zum Ausschlag entwickelt. d ein Kurztrieb, der durch Entfaltung einer Knospe am einjährigen Trieb entstanden ist. e ein seit 4 Jahren abgestorbener, schwacher Trieb. Natürl. Größe. Nach R. Hartig.

sie schlafen weiter wie im Winter und werden *schlafende Augen* genannt. Sie können, zum Teil wenigstens, und namentlich bei glattrindigen Bäumen, sehr lange am Leben bleiben und treiben aus, wenn sie in günstigere Bedingungen kommen, namentlich wenn das über ihnen stehende Sproßstück, das bisher die Bildungsstoffe an sich gerissen hat, entfernt wird. Auf dem Vorhandensein solch schlafender Augen beruht die Bildung von Wasserreisern und zum größten Teil auch das Stock- und Stamm-Ausschlagsvermögen. Bedingung für das Leben der schlafenden Augen ist, daß sie mit dem lebenden Bildungsgewebe des Stammes oder Astes, an dem sie sitzen, dem Kambium, in Zusammenhang bleiben; sie verlängern sich, wie ein Markstrahl, alljährlich um die Dicke eines Jahrringes und werden allmählich ganz von der Rinde eingeschlossen. Lösen sie sich vom Kambium ab, so können sie in der lebenden Rinde noch längere Zeit ein selbständiges Leben führen und in einer noch genauerer Untersuchung bedürftigen Weise zu den, namentlich bei der Rotbuche häufigen, holzigen *Rindenknollen* oder Rindenkugeln, heranwachsen.

§ 6. Die *ausgebildeten Blätter des typischen Laubsprosses*, und ebenso ihre Achselknospen stehen entweder *zerstreut am Zweig*, teils an zwei einander gegenüberliegenden Kanten desselben je eine Längslinie bildend, *zweizeilige* Blatt- und Knospenstellung, wie bei Rot- und Weißbuche, Ulme, Linde u. a., teils in *spiraliger* Anordnung meist von $^2/_5$ und $^3/_8$, nicht selten auch $1/3$, d. h. so, daß nach je 2 Umgängen um die Achse das 5., 10. Blatt usw. über dem 1., bzw. nach je 3 Umgängen das 8., 16. usw. über dem 1. steht etc., oder es stehen 2 (oder mehrere) Knospen bzw. Blätter in gleicher Höhe des Zweigs, was als *quirlige* Anordnung bezeichnet wird. Weitaus am häufigsten hierbei ist, daß die Blätter und Knospen paarweise einander gegenüber und 2 aufeinander folgende Paare gekreuzt stehen, *dekussierte* Blattstellung mit 4 Längsreihen, wie bei Ahorn, Esche, Roßkastanie usw. Die ersten *Laubblätter* einer Holzpflanze sind, außer wenn die Keimung unterirdisch stattfindet (Eiche, Kastanie) die *Keimblätter*, hierauf folgen bei Laub- wie Nadelhölzern gewöhnlich die sog. *Erstlingsblätter* und dann erst die *normalen* Blätter oder Nadeln. Die *Laubblätter* unserer Bäume sind meist gestielt und infolgedessen beweglich, was zur Erhöhung ihrer Transpiration wesentlich beiträgt und ihnen eine Reihe von mechanischen und physiologischen Vorteilen bietet, wie erhöhte Widerstandskraft gegen Wind, Regen und Hagel, bessere Durchleuchtung der Krone und dgl. Die Laubblätter besitzen die Fähigkeit, sich durch Krümmungen ihrer Blattstiele in die für die Assimilation günstigste Lage zu stellen und in der Krone füllen die kleineren die Lücken zwischen den größeren aus (*Blattmosaik*). Die derben, *immergrünen Nadeln* unserer Nadelhölzer stellen eine sehr zweckmäßige Anpassung an die ungünstigen Vegetationsverhältnisse des Winters dar. Bei fast all unseren mitteleuropäischen Laubhölzern werden die Laubblätter im Herbste abgeworfen, weil der Transpirationsverlust derselben im Winter nicht gedeckt werden kann und weil die großen Laubflächen dieser Bäume dem Schnee und Eisanhang eine viel zu große Auflagerungsfläche bieten würden und schon die in dieser Hinsicht viel vorteilhafter organisierten Nadelhölzer gelegentlich schwer unter Schneebruch zu leiden haben. Von Laubhölzern sind bei uns *immergrün* nur die durch ihren Wuchs als Unterholz meist geschützte *Stechpalme* und der *Buchsbaum*. Erst in der Mediterranzone treten zahlreiche immergrüne Laubhölzer auf, deren Blätter meist von mehr oder weniger derb lederiger Beschaffenheit sind und eine 2—4 jährige, bei Buxus bis 5 jährige Lebensdauer aufweisen. Ueber das Verhältnis der *gesamten Blattfläche eines Baumes* zu seiner *Grundfläche*

(der Horizontalprojektion seiner Krone) verdanken wir Wiesner[1]) einige Zahlenangaben auf Grund messender Versuche. Bei Platanen mittlerer Größe betrug dieses Verhältnis 200 : 1, bei einer Buche im Freistand (Garten) 450 : 1, bei Pyramidenpappeln etwa 500—1000 : 1.

Bei lange fortwachsenden Langtrieben nehmen die Laubblätter am Ende der Vegetationsperiode gegen die Spitze zu an Größe ab. Im allgemeinen nimmt bei der gleichen Baumart die Blattgröße mit der Helligkeit und Luftfeuchtigkeit zu. Darum finden wir im Innern des Kronenschattens meist kleinere Blätter. Die Ausbildung einer Blattanlage als Licht- oder Schattenblatt ist nach Nordhausen[2]) der Blattanlage schon in der Knospe induziert und durch die Stellung der Knospe am Gesamtorganismus bedingt. Eine direkte Anpassung wäre auch sehr unvorteilhaft, da die Knospen der Schattensprosse (im Innern der Baumkrone) verhältnismäßig frühe austreiben, zu einer Zeit, zu der die unbelaubte Krone noch fast alles Licht eindringen läßt und zu der somit die Entfaltung dieser Blätter unter Beleuchtungsverhältnissen vor sich geht, die viel günstiger sind als die, unter denen diese Blätter später assimilieren müssen. Wenn an halbschattigen Standorten die Blätter meist größer sind, als an sonnigen, so dürfte dies darauf zurückzuführen sein, daß relative Helligkeit und Luftfeuchtigkeit vielfach nicht Hand in Hand gehen, sondern im Gegenteil gewöhnlich an halbschattigen Orten viel größere Luftfeuchtigkeit herrscht und letztere die Blattgröße viel energischer beeinflußt als die Helligkeit. Die auffallend großen Dimensionen, welche die Blätter von Stockausschlägen so häufig erreichen, sind dagegen auf die außergewöhnlich günstige Wasserversorgungs- und Ernährungsverhältnisse vom Stocke aus zurückzuführen, dessen aufgelöste Reservestoffe sich hier auf eine verhältnismäßig sehr kleine Anzahl von Sprossen verteilen. Die hauptsächlichen Leistungen der Laubblätter unserer sommergrünen Bäume sind möglichst ausgiebige Assimilation und Transpiration, daneben auch Schutz der Aeste und Zweige, sowie des Waldbodens gegen die austrocknende Wirkung der sommerlichen Sonnenwärme. Diesen Aufgaben vermögen sie als dünne, flächenförmige Gebilde am besten zu entsprechen. Ihre mechanische Festigkeit erhalten sie durch die die Blattfläche in einer für die Gattung sehr charakteristischen Weise durchziehende Nervatur, welche zugleich die Zuführung des Wassers zu allen Teilen des Blattes und die Ableitung der von den grünen Zellen gebildeten Assimilationsprodukte nach den Zweigen besorgt. Je nach dem Grundplane der Nervenanordnung unterscheidet man fingerförmige Nervatur (auch strahlenförmige genannt) und fiederförmige; dann, nach dem Verlaufe der Seitennerven 1. Grades, bzw. der einzelnen Hauptstrahlen bei fingerförmigem Grundplane: netzläufige Nervatur, wenn die Seitennerven, bevor sie den Rand erreichen, sich in ein feines Netzwerk auflösen (z. B. wilder Birnbaum, Weide), randläufige (z. B. Eiche, Kastanie, Roßkastanie, Hasel, Hain- und Rotbuche, Ahorn, Platane), endlich, viel seltener, schlingenläufige (Rhamnus frangula), wenn die Seitennerven, bevor sie den Rand erreichen, gegen die Spitze umbiegen und sich schlingenförmig an den nächst oberen Seitennerv anlegen und bogenläufige Nervatur (Cornus), wenn sie, ohne solche Schlingen zu bilden, bogenförmig gegen die Spitze zu verlaufen. Der Blattrand heißt gesägt, wenn die kleinen Einschnitte spitze Zipfel und spitze Buchten haben, gezähnt bei spitzen Zipfeln und stumpfen Buchten, gekerbt bei stumpfen Zipfeln und spitzen Buchten, gewellt bei stumpfen Zipfeln und stumpfen Buchten.

1) Berichte der D. bot. Ges. 1905. S. 174.
2) Berichte der D. bot. Ges. 1903. S. 40.



Rechts und links von der Blattstielbasis stehen die Neben blätter (Stipulae), die hier meist hinfälliger Natur sind und nur wenigen unserer Laubholzarten (z. B. Ahorn, Esche, Roßkastanie) fehlen.

Für die Ableitung des Regenwassers finden wir mannigfache Einrichtungen: rinnenförmige Vertiefungen des Blattstiels und der stärkeren Nerven, wenn das Wasser nach der Blattbasis abgeleitet wird, lang ausgezogene Blattspitzen bei zentrifugaler Ableitung, wie sie namentlich im tropischen Regenwalde in schönster Ausbildung auftreten (Träufelspitze), aber einigermaßen auch bei uns, z. B. bei Linden und Pappeln vorkommen; ferner verhindern dünne Wachsüberzüge oder große Beweglichkeit des Laubes (Zitterpappel) ein längeres Haften der Regentropfen. Gegen den Herbst zu verfärben sich vielfach die Laubblätter, bevor sie in einer den Blattstiel durchsetzenden, meist erst kurz vor dem Laubfall gebildeten Trennungsschicht abbrechen und eine für viele Holzarten höchst charakteristische Blattnarbe hinterlassen. Durch ebensolche Trennungsschichten werden alljährlich gegen den Schluß der Vegetationsperiode auch lebende Zweige oder ganze Zweigsysteme als sog. „Absprünge" abgeworfen, so mehrjährige, nadeltragende Kurztriebe bei den Kiefern, ehedem mit Blütenständen besetzte einjährige beblätterte Zweige bei Weiden und Traubkirschen, ein- und selbst mehrjährige, gesunde oder im Absterben begriffene Zweige bei Eiche, Pappel, Walnuß, Ulme, Esche, und Bergahorn. (Die sog. Absprünge der Fichte und Tanne sind aber von Eichhörnchen abgebissene Zweige.) Bei immergrünen Pflanzen, namentlich bei vielen Nadelhölzern tritt im Winter unter der kombinierten Wirkung von Licht und niederer Temperatur eine charakteristische gelbbraune, rotbraune oder braunviolette Verfärbung besonders auf der Sonnenseite ein, die durch die Frühlingswärme wieder rückgängig gemacht wird.

§ 7. Die metamorphosierten Sprosse, welche entweder einer Metamorphose der Blätter, oder einer solchen der Achse, oder auch einer solchen beider Sproßbestandteile ihre Entstehung verdanken können, spielen bei unseren Bäumen und Sträuchern eine ganz untergeordnete Rolle, wenn wir von den gesondert zu betrachtenden Blüten absehen. Am wichtigsten sind noch die Dornbildungen; dieselben können entweder Kurztriebe oder Verzweigungssysteme von Kurztrieben sein, deren Achsen nicht mit einer Endknospe abschließen, sondern an der Spitze zum scharfen stechenden Dorn erhärten, wie Schwarz- und Weißdorn, Gleditschie, wilder Birnbaum etc., oder es verdornt nur das Ende eines sonst normalen Langtriebes (Kreuzdorn). Im Gegensatz zu diesen „Stammdornen" stehen die „Blattdornen", die entweder, wie die dreiteiligen Dornen der Berberislangtriebe metamorphosierte Blätter und Nebenblätter, oder wie die beiden kräftigen Dornen an der Blattstielbasis der Robinie nur metamorphosierte Nebenblätter sind. Mit den Dornen dürfen die Stacheln durchaus nicht verwechselt werden, wie wir sie als Anhangsgebilde der Rinde z. B. bei Stachelbeeren, Brombeeren und Rosen finden. Dieselben sind nicht von Gefäßbündeln durchzogen, durchaus regellos verteilt und stehen in keiner Beziehung zu Knospen und Blättern.

### 4. Die Blüten, Früchte und Samen.

§ 8. Die Blüten sind begrenzte, metamorphosierte Sprosse, deren äußere Blattgebilde als Kelch und Kronenblätter bezeichnet werden und deren wesentliche Bestandteile die Staub- und Fruchtblätter sind, welche den Sporophyllen der heterosporen Kryptogamen homolog sind; sie erzeugen die eigentlichen Fortpflanzungs-

organe, die männlichen Pollenkörner und die weiblichen Samenknospen, Gebilde sui generis, für welche uns der vegetative Sproß keinerlei Homologa bietet. Die Kelch- und Kronenblätter haben in erster Linie die Aufgabe, in der Blütenknospe die wertvollen Organe zu schützen; sind sie groß, bunt gefärbt und wohlriechend, so dienen sie auch zur Anlockung der die Bestäubung vermittelnden Insekten; fehlen sie, so heißt die Blüte nackt, fehlt die Krone allein, dann heißt die Blüte apetal. Sind Staub und Fruchtblätter in der gleichen Blüte vereinigt, dann heißt die Blüte zwitterig, andernfalls eingeschlechtig (männlich oder weiblich); zu letzteren gehören auch die scheinzwitterigen Blüten, bei welchen, wie beim Ahorn, die Staubblätter zwar normal ausgebildet erscheinen, aber funktionslos geworden sind. Sind männliche und weibliche Blüten auf der gleichen Pflanze vereinigt so heißt dieselbe einhäusig (die meisten Nadelhölzer und Kätzchenträger), bewohnen sie verschiedene Pflanzen: zweihäusig (Weiden, Pappeln, Taxus); kommen endlich eingeschlechtige und Zwitterblüten auf derselben Pflanze vor (Ahorn, Esche), so heißt die Pflanze polygam oder vielehig. Bei den Gymnospermen sind die Fruchtblätter nicht zum Fruchtknoten verwachsen und tragen die Samenknospen nackt, bei den Angiospermen dagegen finden wir stets einen durch Verwachsung von einem oder mehreren Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten, in dessen Höhlung die Samenknospen an den Verwachsungsstellen der Fruchtblätter angewachsen sind. Die Bestäubung wird durch den Wind (Nadelhölzer, Kätzchenträger) oder durch Insekten (Weiden, Linden, Ahorn etc.) vermittelt. Bei den Windblütlern sind die Blüten unscheinbar und der Blütenstaub wird in gewaltigen Mengen erzeugt. Die dem Makrosporangium der heterosporen Filicineen homologe, befruchtungsreife Samenknospe besteht aus dem von 1 oder 2 Hüllen, den Integumenten, umgebenen Knospenkern, zu welchem eine enge Oeffnung der Integumente, die Mikropyle, führt und in welchem der der Makrospore homologe Embryosack eingeschlossen ist. Dieser enthält bei den Nadelhölzern das dem weiblichen Geschlechtspflänzchen (Prothallium) homologe Endosperm und in ihm zwei oder mehrere Archegonien mit je einer Eizelle, während bei den Angiospermen das Endosperm erst nach erfolgter Befruchtung gebildet wird und vorher im Embryosack auf der der Mikropyle zugewendeten Seite die nackte Eizelle mit den beiden Gehilfinnen, auf der abgewendeten Seite die drei behäuteten Gegenfüßlerzellen und in der Mitte der sekundäre Embryosackkern liegen. Das Staubbeutelfach der Staubblätter ist dem Mikrosporangium, das Pollenkorn selbst der Mikrospore homolog. Die innere Haut des doppelt behäuteten Pollenkornes wächst bei den Angiospermen auf der Narbe, bei den Gymnospermen auf dem Scheitel des Samenknospenkernes zum Pollenschlauche aus, welcher, durch chemotropische Reize gelenkt, durch Narbe, Griffel und dann der Fruchtknoteninnenwandung entlang, bzw. lediglich durch den Knospenkern, bis zur Eizelle vordringt und dann die beiden in ihm eingeschlossenen Spermakerne austreten läßt, den einen zur Eizelle, wo er mit dem Eikern verschmilzt, während der zweite sich mit dem sekundären Embryosackkern vereinigt. Mit dieser Kernverschmelzung ist die Befruchtung vollzogen und dieser mikroskopische Vorgang wirkt als auslösender Reiz für die Weiterentwickelung der Eizelle, der Samenknospe, der Fruchtblätter und oft auch noch anderer Teile der Blüte, während bei ausbleibender Befruchtung all diese Organe normalerweise zugrunde gehen. Die bei der Befruchtung stattfindende Verschmelzung zweier verschiedener Zellelemente beeinflußt qualitativ den weiteren Entwickelungsgang, wie es besonders deutlich die Bastarde lehren. Aus den Fruchtblättern, sofern sie zum Fruchtknoten verwachsen sind, geht die Fruchtwand oder das Perikarp hervor, bleiben sie dagegen frei,



wie bei den Nadelhölzern, so entwickeln sie sich zu den Frucht- oder Samenschuppen. Aus der Samenknospe entwickelt sich der Samen, indem die Integumente zur Samenschale oder Testa werden, der Embryosack sich mit Nährgewebe (Endosperm) füllt, in welches der aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Embryo hereinwächst und es zum Teil oder völlig verdrängt, gerade so, wie vorher der Knospenkern vom heranwachsenden Embryosack und Endosperm verdrängt wurde. Demgemäß unterscheiden wir Samen mit und solche ohne Nährgewebe. Die Samen der Koniferen und derjenigen Dikotylen, welche fleischige oder aufspringende Früchte besitzen, z. B. Roßkastanie, Robinie usw., haben eine feste, in chemischer und mechanischer Hinsicht sehr widerstandsfähige Samenschale, die oft sehr kompliziert gebaut ist und den Samen gegen Wasserverlust wie gegen unzeitige Wasseraufnahme in gleich wirksamer Weise schützt, abgesehen von einigen Fällen, in welchen die Keimung alsbald nach dem Abfallen erfolgt, während die in trockenen Schließfrüchten eingeschlossenen Samen, deren Perikarp nur langsam verwittert, hierdurch genügend geschützt sind und nur eine schwache Samenschale ausbilden (z. B. Edelkastanie, Eichel, Haselnuß etc.). Früchte mit fleischigem Perikarp heißen Beeren, wenn das Perikarp nur aus dem Fruchtknoten hervorgeht, Apfelfrucht dagegen, wenn auch das Ende des Blütenstiels sich an der Bildung des Fruchtfleisches beteiligt; bleiben im letzteren Falle die aus den Fruchtblättern hervorgegangenen Fruchtfächer pergamentartig, so haben wir den Kernapfel, werden sie steinartig, den Steinapfel. Bei der Steinfrucht dagegen haben wir ebenfalls eine Schließfrucht, deren ganzes Perikarp aus dem Fruchtknoten hervorgegangen ist und aus zwei sehr verschieden ausgebildeten Schichten, dem äußeren „Fleisch" und dem inneren „Stein" besteht (z. B. Kirsche). Trockenhäutige Schließfrüchte, deren ganzes Perikarp holzig oder lederig ist, heißen Nüsse (Eichel, Buchel, Haselnuß etc.). Nicht selten ist bei dieser Fruchtform ein Teil des Perikarps als dünner häutiger Flügel ausgebildet, wie bei den Birken, Ulmen, Ahornen und Eschen, der die Verbreitung dieser Früchte durch den Wind sehr erleichtert. Aufspringende Trockenfrüchte — nur solche kommen bei unseren Holzpflanzen in Betracht — heißen ganz allgemein Kapseln; ist der Fruchtknoten dabei nur aus einem einzigen Fruchtblatte gebildet und springt das Perikarp an der Verwachsungsnaht (der Bauchnaht) und der gegenüberliegenden Kante (der Rückennaht) auf, wie bei den Schmetterlingsblütlern, so heißt die Frucht eine Hülse.

## II. Der anatomische Bau der Organe des Baumes (Innere Morphologie).

### 1. Die Zelle als Gewebeelement.

§ 9. Die morphologische und physiologische Einheit im inneren Bau der Pflanzenorgane ist die Zelle. Die Bestandteile einer typischen Zelle sind: die Zellhaut oder Membran, das Protoplasma mit seinen Einschlüssen, von welchen der Zellkern der wichtigste ist, und der Saftraum oder die Vacuole. Das Protoplasma, der „dunkle Erdteil der Biologie", bildet in der erwachsenen Zelle einen der Membran anliegenden, den Zellsaft umschließenden Sack von körnig-schleimiger Beschaffenheit, der Hauptsache nach aus Eiweißverbindungen bestehend. Von einem Schleime im physikalischen Sinne ist aber das Protoplasma dadurch wesentlich verschieden, daß in ihm Ernährungs-, Stoffwechsel-, Wachstums- und Teilungsvorgänge sich abspielen, kurz, daß es als Träger aller Lebenserscheinungen anzusehen ist. Der Zellkern spielt eine wichtige Rolle bei der Membranbildung (die nur bei Gegenwart eines Zellkernes stattfindet), bei der Teilung der Zellen und

als Träger der erblichen Eigenschaften; er kommt bei den uns hier interessierenden Zellen, vom Pollenschlauch und dem Embryosack nach der Befruchtung abgesehen, stets in der Einzahl vor. Die unbefruchtete Eizelle und die beiden Synergiden entbehren der Membran.

Im allgemeinen läßt sich die Zelle als Gewebeelement auf zwei Grundformen zurückführen, die Parenchym- und die Prosenchymzelle. Die Parenchymzelle hat entweder nach allen Richtungen des Raumes annähernd gleichen Durchmesser, sie ist „isodiametrisch" oder sie ist in einer Richtung länger gestreckt und an den Enden gerade oder schief abgestutzt; die Prosenchymzelle ist eine mehr oder weniger lang gestreckte, an beiden Enden zugespitzte Faser.

Die Parenchymzellen haben in der Regel lebenden Inhalt. Ihre Membran kann dünnwandig sein (normale Parenchymzelle), stark verdickt (Steinzelle oder sklerotische Zelle) oder nur an den Ecken bzw. Kanten stark verdickt (Kollenchymzelle). Die Membranskulptur besteht in der Regel aus einfachen Tüpfeln (scharf umgrenzte, dünne Stellen der Membran), seltener (manche Steinzellen) aus verzweigten Tüpfeln. Der chemischen Beschaffenheit nach kann die Membran der Parenchymzelle aus Zellulose bestehen (Blaufärbung mit Chlorzinkjodlösung, sowie mit Jod und Schwefelsäure), z. B. bei den Parenchymzellen der Rinde, oder sie ist verholzt (Rotfärbung mit Phloroglucin und Salzsäure, Gelbfärbung mit schwefelsaurem Anilin und etwas Schwefelsäure), z. B. bei den Parenchymzellen des Holzes und den Steinzellen, oder sie ist verkorkt (widerstandsfähig gegen konzentrierte Schwefelsäure), z. B. bei den echten Korkzellen und bei den Oelzellen, oder sie ist verschleimt bei den Schleimzellen (mächtig aufquellend in Wasser). Nach der Lage im Pflanzenorgan, unterscheidet man im wesentlichen Bast- oder Rindenparenchymzelle und Holzparenchymzelle. Der lebende Inhalt fehlt stets den Korkzellen und meist den Steinzellen.

Die ausgebildeten Prosenchymzellen haben zumeist keinen lebenden Inhalt mehr, sie führen Wasser und Luft. Ihre Zellwand ist in der Regel stark verdickt (Sklerenchymfaser). Als Membranskulptur finden wir einfache spaltenförmige, sowie behöfte Tüpfel, seltener ins Zellinnere vorspringende Ring-, Spiral- und Netzverdickungen. In chemischer Hinsicht ist die Membran gewöhnlich ganz oder teilweise verholzt; seltener besteht sie aus Zellulose, nie ist sie verschleimt oder verkorkt. Nach der Verteilung im Baumkörper unterscheidet man: a) in der Rinde: 1. Bastfasern mit meist sehr starken, fast bis zum Schwinden des Lumens verdickten, verholzten Zellwänden, einfachen Tüpfelkanälen (meist Punkt-, selten Spalttüpfeln); ohne lebenden Inhalt, und 2. Ersatzfasern, die, von der Gestalt abgesehen, den typischen dünnwandigen, lebenden Parenchymzellen sehr nahe stehen, b) im Holze (vergl. Abb. 5 und 6): 1. Holzfasern (Libriform) mit stark verdickter, meist verholzter Zellwand, schiefspaltenförmigen einfachen Tüpfeln und etwas weiterem Lumen als bei den Bastfasern; ohne lebenden Inhalt. 2. Tracheiden mit stets verholzter, aber meist nur schwach verdickter Membran, die keine einfachen, sondern behöfte Tüpfel besitzt, mitunter auch Spiral-, Ring- oder Netzverdickung aufweist; kein lebender Inhalt. 3. Ersatzfasern mit dünnwandiger, verholzter Membran, einfachen Punkttüpfeln und lebendem Inhalt.

Als weitere Gewebeelemente sind die Zellfusionen zu nennen. Sie gehen aus Zellreihen hervor durch gänzliche oder teilweise Auflösung der trennenden Quer-



wände, wobei der lebende Inhalt entweder ganz (Gefäße) oder teilweise (Siebröhren) verschwinden (oder auch in allen wesentlichen Teilen, bei den gegliederten Milchröhren, erhalten bleiben kann). Die Gefäße besitzen eine dünne, verholzte Membran mit den nämlichen Verdickungsformen wie die Tracheiden (im Holze fast stets dicht gedrängte Hoftüpfel); sie führen Wasser oder Luft. Die Siebröhren besitzen dünne Zellulosemembranen, einen dünnen protoplasmatischen Wandbeleg ohne Zellkern und einen sehr eiweißreichen, schleimigen Inhalt. Die meist schief gestellten Querwände tragen eine oder mehrere plattenförmige dünne und siebartig durchbohrte Stellen, die Siebplatten, durch deren offene Poren (Siebporen) die Inhalte der einzelnen Siebröhrenglieder miteinander in Zusammenhang stehen.

## 2. Das Urmeristem, die Entwickelung der Gewebesysteme und ihre Anordnung im jungen Trieb und in der jungen Wurzel.

§ 10. Alle Bäume, wie die höheren Pflanzen überhaupt, beginnen ihr individuelles Leben, wenn wir von den Fällen der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Ausläufer, Stecklinge, Wurzelbrut usw. absehen, als eine einzelne Zelle; dies ist die befruchtete Eizelle oder Keimzelle. In ihrem Protoplasma müssen naturgemäß alle die Kräfte schlummern, welche die Keimzelle befähigen, einen in den Hauptzügen von vorne herein ganz genau festgelegten Entwickelungsgang zu nehmen. Infolgedessen müssen wir die Protoplaste der Keimzellen und ihrer Abkömmlinge bei sämtlichen Pflanzenarten und Varietäten als spezifisch verschieden betrachten. Es ist aber kaum angängig, diese spezifische Differenz als eine rein chemische anzusehen, obwohl die lebenden Protoplasmamoleküle zweifelsohne die größten und kompliziertesten Moleküle sind, die es gibt und hier vielleicht viel mehr Unterschiede existieren, als wir uns derzeit bei unseren mangelhaften Kenntnissen über die Proteïnstoffe träumen lassen. Aehnlich wie aus dem gleichen Material Maschinen von sehr verschiedener Konstruktion und von sehr verschiedenartiger Leistungsfähigkeit gebaut werden können, müssen wir aber auch für das lebende Protoplasma eine je nach Pflanzart verschiedene spezifische Struktur annehmen. Aus der Keimzelle entwickelt sich bei den Samenpflanzen durch fortgesetzte Zweiteilung der Embryo des Samens und aus diesem bei der Keimung die junge Pflanze. Die zweigeteilte Eizelle stellt somit das Urmeristem, das Teilungsgewebe auf seiner ursprünglichsten Stufe dar. Von den Zellen des jungen Embryos besitzt ein Teil eine beschränkte Teilungsfähigkeit, sie liefern bald das Dauergewebe der jungen Wurzeln und Sprosse, während andere, an dem Vegetationspunkt (zwischen den beiden Keimblättern) und an der Wurzelspitze gelegene unbegrenzt teilungsfähig bleiben. Sie und ihre mit gleichen Eigenschaften begabten Nachkommen, welche in ununterbrochener Teilungsfolge meristematischer, noch nie in Dauergewebe übergegangener Zellen entstanden sind und sich auch an allen Seitensproß- und Wurzelvegetationspunkten finden, bilden das sog. Urmeristem. Der Vegetationspunkt ist der Sitz der lebhaftesten Zellvermehrung durch Teilung der vorhandenen Zellen. In einiger Entfernung vom Vegetationspunkt werden die Zellteilungen spärlicher, die Zellen fangen an, sich in die Länge und Breite zu strecken und erreichen schließlich unter ganz gewaltiger Wasseraufnahme ihre definitive Größe, indem mit Zellsaft erfüllte Hohlräume im Protoplasma auftreten, die sich mehr und mehr vergrößern, nach und nach zusammenfließen und schließlich einen einzigen Saftraum bilden, während das Protoplasma, das keine oder keine wesentliche Vermehrung erfährt, zu

einem dünnen Wandbeleg ausgedehnt wird. Nach Beendigung der je nach Einzelfall innerhalb weiter Grenzen schwankenden Zellstreckung beginnt die innere Ausbildung, die chemische Veränderung der Membran, ihre Schichtung und Verdickung sowie die charakteristische Skulptur und die Ausbildung und Vermehrung charakteristischer Inhaltskörper wie Chlorophyllkörner etc., je nach den Aufgaben, welche die schon mit der Streckung einsetzende Arbeitsteilung den einzelnen Zellen zuweist.

§ 11. Die ausgebildeten Gewebe unterscheidet man als Hautgewebesystem, Gefäßbündelsystem und Grundgewebesystem. Die Gewebesonderung beginnt dicht hinter dem Vegetationspunkt. Am frühesten ausgebildet ist das Hautgewebe, das aus der äußersten Zellschicht des Urmeristems hervorgeht und als Epidermis alle Organe in der Jugend, Blätter und Früchte fast stets dauernd überzieht. Die Zellen der Epidermis teilen sich in der Regel nur durch Wände, welche senkrecht zur Oberfläche des Organes stehen (Antiklinen); dann bildet die Epidermis eine einfache Zellage, deren Zellen in lückenlosem Gewebeverbande bleiben. Teilen sich aber die Zellen der jungen Epidermis auch durch Wände, welche der Oberfläche des Organs parallel laufen (Periklinen), dann erhalten wir die mehrschichtige Epidermis. Die freie Außenwand der Epidermiszellen ist gewöhnlich stärker verdickt; ihre äußerste Schicht bildet, außer bei den Wurzeln, die sog. Kutikula, die für Wasser ziemlich undurchlässig ist, um so mehr, je stärker sie entwickelt ist. Die einzigen Durchbrechungen der Epidermis, die aber der Wurzelepidermis gleichfalls fehlen, sind die Spaltöffnungen (Stomata), gebildet von zwei meist nierenförmig gestalteten Epidermiszellen (den sog. Schließzellen), die gegeneinander gekrümmt sind und zwischen sich einen ins Innere des Organs führenden Spalt besitzen, der durch stärkere oder schwächere Krümmung der Schließzellen erweitert oder verengert werden kann. Nicht selten wachsen Epidermiszellen zu ein- oder mehrzelligen Haaren aus, welche einfach oder verzweigt sein können und sich, namentlich bei den schuppenartigen Bildungen, vom landläufigen Begriff der Haargestalt oft recht weit entfernen.

Alles, was vom Hautgewebe umschlossen ist und nicht zu den Gefäßbündeln gehört, wird als Grundgewebe zusammengefaßt. Als vorherrschende Zellform finden wir hier dünnwandige Parenchymzellen, gelegentlich auch Kollenchym- und Sklerenchymzellen und dickwandige Sklerenchymfasern. Die ausgebildeten Parenchymzellen stoßen hier nicht lückenlos aneinander, sondern weichen an den Ecken und Kanten mehr oder weniger weit auseinander, die sog. Interzellularräume bildend, welche gewöhnlich Luft führen und als ein sehr feines System von kommunizierenden Röhren zwischen den Parenchymzellen des Grundgewebes verlaufen.

Das Gefäßbündelsystem ist am spätesten ausgebildet, wird aber gleichfalls schon dicht hinter dem Vegetationspunkte angelegt, indem hier während der Periode der Längsstreckung einzelne strangförmige Partien sich durch zahlreiche Längsteilungen ihrer Zellen auszeichnen und sich so als engzellige Stränge bald scharf von dem großzelligen jungen Grundgewebe abheben. Diese Stränge heißen Prokambialstränge und sind nichts anderes als der Jugendzustand der Gefäßbündel.

In den jungen Trieben der Holzgewächse sind diese Prokambialstränge auf dem Querschnitt zahlreich, einer neben dem andern, im Kreise angeordnet. Die von ihnen umschlossene kreisförmige oder sternförmige Grundgewebepartie ist das Mark; aus den schmalen Streifen von Grundgewebe, welche

die einzelnen Prokambialstränge voneinander trennen, gehen die primären Markstrahlen hervor. Gehen die Prokambialstränge in Dauergewebe über, so bleibt eine schmale mittlere Zone in jedem meristematisch, das sog. Faszikularkambium bildend. Der außerhalb des Kambiums gelegene Teil des Prokambialstranges bildet sich zum primären Siebteil (Phloëm) mit den Siebröhren, der innerhalb desselben gelegene zum primären Holzteil des Gefäßbündels (Xylem) aus, mit den Gefäßen und Tracheiden als charakteristischsten Gewebeelementen. Gefäßbündel, bei welchen Holz und Siebteil, durch ein Kambium getrennt, auf dem gleichen Radius voreinander liegen, heißen kollaterale offene Bündel. Das zwischen den einzelnen Bündeln vorhandene Grundgewebe, dessen Zellen schon ausgewachsen sind, teilt sich in der Höhe des Faszikularkambiums nachträglich von neuem durch perikline Wände und bildet so das Interfaszikularkambium. Faszikular- und Interfaszikularkambien zusammen bilden auf dem Querschnitt einen Ring, körperlich gedacht einen Zylindermantel von Teilungsgewebe, dessen Zellen sich vornehmlich durch perikline Wände teilen und so radiale Zellreihen bilden; viel seltener sind die antiklinen Teilungen, durch welche die Zahl der radialen Reihen vermehrt wird. Alles, was außerhalb des Kambiums vor Beginn seiner Tätigkeit liegt, bildet zusammen die primäre Rinde. Die Gefäße und Tracheiden des primären Holzes, von denen die innersten, unmittelbar an das Mark grenzenden die ältesten, d. h. am frühesten ausgebildeten sind, zeichnen sich durch geringe Weite und durch das Vorherrschen der Ring- und spiraligen Wandverdickungen aus. Solange der Trieb am Leben bleibt, scheidet das Kambium nach außen wie nach innen alljährlich neue Zellen ab, die in den Dauerzustand übergehen, und bewirkt so das sekundäre Dickenwachstum. Die Gesamtheit der vom Kambium nach außen abgeschiedenen Zellen bildet die sekundäre Rinde, die Gesamtheit der nach Innen abgeschiedenen Gewebeelemente das sekundäre Holz.

In der jungen Wurzel einer Holzpflanze findet sich stets nur ein einziger zentral gelegener Prokambialstrang und demgemäß auch nur ein einziges Gefäßbündel, dessen Holzkörper auf dem Querschnitt die Gestalt eines Sternes hat und gewöhnlich kein Mark umschließt. Die ältesten und engsten Gefäße und Tracheiden, die Holzprimanen, befinden sich hier an den Spitzen des Sternes, die einzelnen Siebteile zwischen je zwei solchen Erstlingsgruppen, so daß Siebteile und Holzteile des Bündels auf verschiedenen Radien nebeneinander liegen. Das Kambium verläuft auf dem Querschnitt als sternförmiges Band, an die Spitzen der Holzteile und die Innenseite der Siebteile sich anlegend. Derartige Bündel heißen radiäre offene Bündel; je nach der Zahl von Holzprimanengruppen, welche sie besitzen, spricht man von diarchen, triarchen, tetrarchen etc. Bündeln. Die Wurzeln unserer Bäume besitzen zumeist diarche bis pentarche, seltener bis oktarche Bündel. Die meist einfache Zellschicht, welche außen um die Siebteile herumläuft und in welcher, jeweils vor den Holzprimanen, durch lokalisierte lebhafte Zellteilung die Seitenwurzeln angelegt werden, heißt Perikambium; sie ist die äußerste Schicht des radiären Gefäßbündels oder Zentralzylinders, auf welche nach außen das parenchymatische Grundgewebe der primären Rinde folgt, dessen innerste Schicht Endodermis heißt. Das Kambium, das sich hier natürlich nicht aus Faszikular- und Interfaszikularkambium zusammensetzt, bildet vor jeder Spitze des primären Holzsternes einen primären Markstrahl, das erste sekundäre Holz wird in die einspringenden Winkel des Sternes abgeschieden und bald, nachdem so der Holzkörper annähernd kreisförmig auf dem Querschnitt geworden und der

radiäre Bau in den kollateralen übergegangen ist, wächst die Wurzel genau so wie ein oberirdischer Trieb in die Dicke.

**3. Der Bau der Laubblätter, Koniferennadeln und Knospenschuppen.**

§ 12. In der sich entfaltenden jungen Blattanlage der Laubhölzer teilen sich die Zellen vorzugsweise durch antikline Wände und so entsteht das bekannte flächenförmige Gebilde, das Laubblatt mit netzartig angeordneten Prokambialsträngen. Je größer die Wasserverdunstung des Blattes ist, desto feinmaschiger ist die Nervatur verästelt. Die Gefäßbündel sind hier stets kollateral, aber nur die stärkeren wachsen einigermaßen durch Vermittelung des Kambiums in die Dicke, während die schwächeren meist kein Dickenwachstum mehr besitzen und die letzten und feinsten Auszweigungen außerordentlich in ihrem Baue vereinfacht sind. Demgemäß herrscht in den Gefäßen und Tracheiden der Laubblätter spiralige und Ringverdickung vor, da jene zumeist nur primäre Holzteile besitzen. Die Gefäßbündel des Blattstiels setzen sich unmittelbar in diejenigen des Triebes fort, welch letztere auch Blattspuren genannt werden. Darum sind die Gefäßbündel im Blatte stets so orientiert, daß der Holzteil der Blattoberseite, der Siebteil der Blattunterseite zugewendet ist. Die Epidermis der Laubblätter ist bei unseren Bäumen fast ausnahmslos nur eine Zellage stark (Ilex hat zwei!). Die Epidermiszellen sind tafelförmig und frei von Chlorophyllkörnern; nur die Schließzellen der Spaltöffnungen enthalten Chlorophyll. Die Epidermis der Blattoberseite ist frei von Spaltöffnungen oder führt nur wenige, während sie in der Epidermis der Blattunterseite sehr zahlreich auftreten, entsprechend der Lichtlage der Blätter, welche bei unseren Bäumen stets die Oberseite dem einfallenden Lichte zuwenden (senkrecht zum dominierenden, diffusen Himmelslicht). Die Blätter sind dorsiventral gebaut, d. h. Ober- und Unterseite sind anatomisch verschieden. Unter der Epidermis der Blattoberseite sind die Mesophyllzellen senkrecht zur Blattfläche gestreckt; sie stehen pallisadenartig nebeneinander, sind besonders reich an Chlorophyllkörnern und werden Pallisadenzellen genannt. Die Chlorophyllkörner, meist von linsenförmiger Gestalt, sind Organe der lebenden Zelle, sie liegen im Protoplasma, bestehen aus protoplasmatischer Grundsubstanz, in welcher der in Alkohol, Aether etc. lösliche Chlorophyllfarbstoff eingelagert ist, und vermehren sich nur durch Teilung. Das Mesophyll der Blattunterseite ist erheblich ärmer an Chlorophyllkörnern, seine Zellen sind unregelmäßig gestaltet und durch große Interzellularräume voneinander getrennt, weshalb dieses Gewebe Schwammparenchym genannt wird. An jede Spaltöffnung schließt sich nach innen ein größerer Interzellularraum zwischen den Schwammparenchymzellen, die sog. Atemhöhle an. Im Schwammparenchym verlaufen auch, oben an die Pallisadenschicht angrenzend, die Gefäßbündel, um welche das Mesophyll eine Scheide aus dünnwandigen, gestreckten, lückenlos aneinanderschließenden Zellen bildet. Die Epidermis mit ihrer Kutikula schützt das Mesophyll vor zu weitgehendem Wasserverlust; bei den immergrünen Laubblättern (Ilex, Buxus u. dgl.) sind die freie Außenwand der Epidermis und die Kutikula besonders dick. Die Spaltöffnungen dienen der Regulierung der Transpiration und des Gasaustausches zwischen Mesophyll und Außenluft. Die Pallisaden besorgen in erster Linie die Assimilation, das Schwammparenchym beteiligt sich, seinem geringen Chlorophyllgehalt entsprechend, nur in untergeordnetem Maße an dieser; es dient hauptsächlich als Ableitungsgewebe der Assimilationsprodukte zu den Gefäßbündeln, als Zuleitungsgewebe des Wassers von den Gefäßbündeln, als Transpirationsgewebe und wahrscheinlich werden in ihm

auch die komplizierteren Pflanzenstoffe gebildet. Der Holzteil des Gefäßbündels führt Wasser und Aschenbestandteile zu, der Siebteil leitet die Assimilationsprodukte und die sonst in den Blättern gebildeten organischen Baustoffe ab. Die mechanische Aufgabe der Gefäßbündel wird dadurch unterstützt, daß der Ober- und Unterseite der stärkeren Bündel zumeist ein flacher Strang dickwandiger Sklerenchymfasern anliegt und das Grundgewebe unter der Epidermis der Ober- und namentlich unter der der Unterseite kollenchymatisch ausgebildet ist.

§ 13. Die immergrünen Koniferennadeln besitzen einen ganz anderen Bau wie die flachen Laubblätter, bedingt einmal durch den weitgehenden Schutz gegen Wasserverlust während des für die Wasserversorgung der Bäume so ungünstigen Winters und zweitens, was meistens übersehen zu werden pflegt, durch das Bedürfnis eines gegen mechanische Beschädigungen möglichst widerstandsfähigen Baues, entsprechend der exponierten Stellung der Nadeln und ihrer zumeist mehrjährigen Lebensdauer. Die Epidermiszellen sind in der Längsrichtung der Nadel gestreckt, oft faserähnlich ausgebildet, fast bis zum Schwinden des Lumens verdickt und mit dicker Kuticula versehen, so daß sie eine Art Panzer um die Nadel bilden. Die Spaltöffnungen sind in relativ tiefe Grübchen der Epidermis eingesenkt, in Längsreihen geordnet, je nach Gattung und Spezies auf verschiedenen oder nur auf einer Seite. In diesen Grübchen und auch zwischen ihnen finden sich häufig körnige Wachsausscheidungen, so daß die Spaltöffnungslinien als weiße Streifen erscheinen. Das Mesophyll entbehrt gewöhnlich der Sonderung in Pallisaden und Schwammparenchym, nur bei Abies und Taxus ist sie angedeutet. Der Hauptmasse nach besteht es aus sehr chlorophyllreichem Assimilationsparenchym mit ziemlich kleinen Interzellularen. An den Kanten der Nadeln, nicht selten auch im ganzen Umfang, sind die äußersten Schichten des Mesophylls häufig als sehr dickwandige Fasern ausgebildet (Hypodermis), welche die mechanische Festigkeit der Epidermis noch verstärken. Mit Ausnahme von Taxus führen die Nadeln aller Koniferen Harzgänge, welche bei den einzelnen Gattungen und selbst Arten von wechselnder Zahl, Lage und Ausbildung sind und so gute spezifische Unterscheidungsmerkmale liefern. Diese schizogenen Harzgänge sind nichts anderes als weite Interzellulargänge, erfüllt mit Harzbalsam, welcher von den den Harzgang begrenzenden flachen, dünnwandigen Zellen, den Sekretionszellen ausgeschieden bzw. in den an den Harzgang grenzenden Membranen dieser Zellen gebildet wird. Die Harzgänge mit den Sekretionszellen sind gewöhnlich von einer mehr oder weniger dickwandigen Faserscheide umgeben und grenzen bald an die Oberhaut, bald liegen sie inselartig frei im Mesophyll. Die unverzweigten Gefäßbündel, welche in der Einzahl oder zu zweien die Nadel längs durchziehen, sind von farblosem Mesophyll, dem Transfusionsgewebe, umgeben, in welches, je nach Spezies, mehr oder weniger zahlreiche Faserzellen eingestreut sein können. Gegen das Assimilationsparenchym ist dieses farblose Mesophyll durch eine dünnwandige Gefäßbündelscheide abgeschlossen. Die Gefäßbündel der Koniferennadeln zeigen in den aufeinanderfolgenden Jahren ein schwaches, äußerlich aber in keiner Weise hervortretendes Dickenwachstum.

§ 14. Die Knospenschuppen der Winterknospen [1]), welche gewöhnlich aus dem unteren Teil der jungen Blattanlage, dem Blattgrund oder aus den

1) C. R. G. Schumann, Anatom. Studien über die Knospenschuppen von Koniferen und dicot. Holzgew. Bibl. botan. Heft 15. 1889. 36 p. 5 Taf. 4°. J. Grüß, Beiträge zur Biologie der Knospe. Pringsheims Jahrbücher Band 23.

Nebenblattanlagen hervorgehen und nur schwach ausgebildete Gefäßbündel besitzen, schützen den eingeschlossenen Vegetationspunkt mit den Blattanlagen vor Wasserverlust, vor Verletzungen und gegen grelle Temperaturschwankungen; sie sind ohne Rücksicht auf ihre Dicke außerordentlich fest gebaut. Die freie Außenwand der Epidermis ihrer Außenseite (Unterseite) ist im oberen nicht bedeckten Teile gewöhnlich sehr stark verdickt und kutikularisiert und frei von Spaltöffnungen. Die Undurchlässigkeit der Epidermis wird mitunter durch Korkgewebe unter der Epidermis erhöht, (Aesculus) sowie durch harzartige Ausscheidungen, welche die einzelnen Schuppen verkleben (Pinus, Abies, Aesculus etc.). Haarfilze sind, als Schutzmittel gegen Wasserverlust, ebenfalls nicht selten; als schlechte Wärmeleiter lassen sie, wie die zwischen den Schuppen befindlichen Luftschichten, Temperaturextreme nur langsam zur Geltung kommen. In den jungen Knospenteilen ist nach Grüß frühzeitig ein System von Interzellularräumen entwickelt, in welche das bei Temperaturerniedrigung (Frost) herausgepreßte Zellwasser eintreten und aus denen es beim Steigen der Temperatur wieder zurückdiffundieren kann. Die mechanische Festigkeit wird durch Ausbildung von Kollenchym unter der Epidermis der Außenseite (z. B. Cornus Mas, Sorbus, Aesculus, Acer, Castanea, Corylus etc.) oder durch vereinzelte große Steinzellen wie bei Magnolia oder durch förmliche Panzer von Steinzellen oder Sklerenchymfasern verstärkt (z. B. bei Pinus, Platanus, Quercus, Carpinus, Ulmus, Populus usw.) und bei Fagus endlich besteht, außer der Basis, das ganze Mesophyll der äußeren Knospenschuppen aus dickwandigen, verholzten Fasern. Pallisadenparenchym fehlt den Knospenschuppen stets, Chorophyll ist selten und dann stets auf den unteren Teil der Knospenschuppe beschränkt, dessen Zellen nicht selten Stärke oder fettes Oel führen. Auf Kosten dieser Baustoffe können die Knospenschuppen bei der Knospenentfaltung an ihrer Basis noch mehr oder weniger wachsen. Beim Aufbrechen der Knospen entleeren sich die äußeren Schuppen zuerst. Im tropischen Regenwald sind die Knospenschuppen nach Büsgen fast stets saftig.

**4. Die Tätigkeit des Kambiums als Verdickungsring.**

§ 15. Hinter dem Vegetationspunkt wächst das junge Organ zunächst durch Ausdehnung seiner sämtlichen Zellen in die Dicke (primäres Dickenwachstum), streckt sich hierauf ohne wesentliche Dickenzunahme in die Länge und erst nach beendeter Längsstreckung beginnt das sekundäre Dickenwachstum durch Vermittelung des Kambiums. Die Gestalt der Kambiumzellen ist langgestreckt prismatisch, der radiale Durchmesser gewöhnlich kürzer als der tangentiale, die Enden dachartig zugeschärft.

In jeder Kambiumzellreihe ist streng genommen nur eine einzige mittlere Zelle als dauernd teilungsfähige „Initialzelle" anzusprechen; bei jeder Teilung durch eine perikline Wand entsteht aus derselben eine neue Initialzelle und, bald nach außen, bald nach innen, eine „Gewebemutterzelle". Letztere teilt sich gewöhnlich noch einmal, worauf ihre Tochterzellen in den Dauerzustand übergehen; nur bei besonders energischem Dickenwachstum teilen sich die Gewebemutterzellen mehrmals. Im allgemeinen werden bei unseren Holzgewächsen, entsprechend der Stärke von Rinde und Holz, sehr viel mehr Gewebemutterzellen nach innen als wie nach außen abgeschieden. Ursprünglich sind, der Natur des Reihenkambiums entsprechend, die jungen Gewebeelemente in radialen Reihen angeordnet; diese Anordnung kann auch im Dauerzustande beibehalten werden, wenn sämtliche Zellen einer Reihe annähernd gleichmäßig und ohne sprungartige Aenderungen in



die Breite wachsen (besonders schön beim Koniferenholz); gewöhnlich aber bleiben einzelne Zellen eng, andere dehnen sich stärker und einzelne, wie die Gefäße bei den Laubhölzern, erlangen zum Teil ganz gewaltige Weite, was naturgemäß eine mehr oder weniger gründliche Verschiebung der ursprünglichen, regelmäßigen Zellanordnung zur Folge hat, die aber auch durch in die Länge wachsende Bast- und Holzfasern gestört wird, wenn sich diese Elemente, was zumeist der Fall, unregelmäßig mit den Enden zwischen einander schieben. Schieben sich dagegen die auswachsenden Holzfasern mit ihren spitzen, aneinander hingleitenden Enden alle in gleicher Richtung zwischen die Fasern der oberhalb und unterhalb gelegenen Reihe, mit den oberen Enden immer nach rechts, mit den unteren immer nach links ausbiegend, oder umgekehrt, so entsteht Drehwuchs.

Die nach Innen in Dauergewebe übergeführten Zellen werden zu Gefäßen und Tracheiden, zu Holz- und Ersatzfasern und, nach vorausgegangenen Querteilungen ihrer langgestreckten Mutterzelle, zu Holzparenchym; die nach außen abgeschiedenen zu Rindenparenchym, Steinzellen, Bast- und Ersatzfasern und zu Siebröhren und Geleitzellen. Die Mutterzellen der Siebröhrenglieder erfahren bei den Laubhölzern einige Längsteilungen, durch welche enge, plasmareiche Zellen mit großem Zellkern, die Geleitzellen, von der zur eigentlichen Siebröhre bestimmten weiten Zelle abgeschnitten werden. In den Gefäßbündelendigungen der Laubblätter ist das Größenverhältnis von Siebröhre und Geleitzelle übrigens umgekehrt. Die Nadelhölzer entbehren der Geleitzellen. Der Verdickungsring rückt bei dieser Tätigkeit natürlich immer weiter nach außen, wodurch die Kambiumzellen in tangentialer Richtung gedehnt werden. Hat die Dehnung eine gewisse Größe erreicht, dann teilt sich die Initialzelle durch eine radiale Wand, so daß der Kambiumring seiner Ausdehnung entsprechend, auch an Zellenzahl zunimmt.

Auf dem Querschnitt sind sekundäres Holz und sekundäre Rinde von zahlreichen, radialen, aus einer oder mehreren Zellreihen bestehenden, feinen Streifen durchzogen, den Markstrahlen, die auf dem Radialschnitt als Bänder (Spiegel), auf dem Tangentialschnitt als spindelförmige Zellgruppen von sehr verschiedener Höhe erscheinen (z. B. bis 160 mm: Erle, bis 50 mm: Stieleiche, bis 5 mm: Rotbuche, bis 1 mm: Spitzahorn, ca. ½ mm: Esche, ca. $^1/_8$ mm: Buchsbaum). Auf dem Querschnitt springen die Markstrahlen verschieden weit gegen das Mark vor; nur wenige erreichen es, die im § 11 Absatz 4 erwähnten primären Markstrahlen, welche zugleich die breitesten und längsten sind, während die große Mehrzahl blind im Holze endigt: sekundäre Markstrahlen. Ein primärer Markstrahl entsteht dadurch, daß die Kambiumzellen von Anfang an, ohne vorher gewöhnliche Holz- und Rindenelemente gebildet zu haben, nach außen wie nach innen lauter Markstrahlzellen abscheiden. In dieser Entstehungsweise stimmen die primären Markstrahlen von Trieben und Wurzeln völlig überein; ihre Unterschiede sind in dem primären Bau beider Organe begründet. Die primären Markstrahlen der Wurzeln endigen nämlich innen an den Holzprimanen, also eigentlich auch blind im Holze, das aber hier meist gar kein Mark besitzt. Ein sekundärer Markstrahl entsteht im Trieb wie in der Wurzel dadurch, daß das Kambium früher oder später aufhört, nach außen gewöhnliche Rinden-, nach innen Holzelemente zu bilden und fortan nur Markstrahlzellen erzeugt.

Der Beginn der Kambialtätigkeit findet bei unseren Bäumen im allgemeinen in der 2. Hälfte April oder in der 1. Hälfte Mai statt und zwar

bei älteren Bäumen zunächst an den jüngsten Trieben, an basalen Zweiganschwellungen und am Wurzelanlauf; er rückt, je nach Holzart, mit sehr verschiedener Geschwindigkeit von den Zweigspitzen zu den älteren Teilen der Aeste und zuletzt zum Stamme vor und unterliegt, *je nach Spezialfall, großen Schwankungen* (auf sonnigem Standort viel früher als in schattigen Nordlagen, im dichten Schlusse später als bei lichtem Stand, an unterdrückten Bäumen später als bei herrschenden und Ueberhältern usw.). Selbst auf verschiedenen Seiten des gleichen Querschnitts eines Baumes erwacht die Kambialtätigkeit nicht gleichzeitig. Das Ende der Kambialtätigkeit fällt meist in den Hochsommer mit großen zeitlichen Schwankungen je nach Holzart, Lage und Stammteil. Im Gipfel erlischt die Kambialtätigkeit meist früher als im unteren Stammteil, am längsten dauert sie bei den Wurzeln.

### 5. Die Rinde[1]).

§ 16. Die Baumrinde dient der Stoffwanderung, namentlich der Ableitung der Assimilate, sie dient ferner als Reservestoffbehälter und als Schutzorgan gegen die Außenwelt, gegen Hitze, grelle Temperaturschwankungen und zu weitgehendem Wasserverlust. Entsprechend dieser Vielseitigkeit ihrer Leistungen ist die Rinde stärkerer Triebe ein recht komplizierter Gewebekörper.

Die junge, *primäre* Rinde (vgl. § 11 Absatz 4) besitzt im allgemeinen folgenden Bau: zu äußerst die Epidermis mit derber Kuticula, von Spaltöffnungen durchsetzt, an die Epidermis anschließend gewöhnlich kollenchymatisches Parenchym mit Chlorophyllkörnern, dann dünnwandiges, reichlich Chlorophyllkörner enthaltendes Assimilationsparenchym, ein Ring von Gruppen englumiger, dickwandiger Bastfasern, die aber den Cupressineen und Abietineen fehlen, und, unmittelbar an das Kambium angrenzend, ein paar abwechselnde, tangentiale Lagen von Siebröhren (mit Geleitzellen) und Bastparenchym. Setzt das sekundäre Dickenwachstum ein, so befindet sich die primäre Rinde in einer vom primären Holze grundverschiedenen Lage. Das neue sekundäre Holz wird auf das primäre einfach aufgelagert, während sich zwischen die primäre Rinde und das primäre Holz das sekundäre Holz und die sekundäre Rinde einschiebt, wodurch die primäre Rinde in radialer Richtung fortwährend weiter nach außen gedrückt und in tangentialer Richtung immer stärker gedehnt wird. Dieser Dehnung vermag sie eine Zeitlang durch Dehnung, Wachstum und Teilung ihrer Zellen zu folgen, am schlechtesten im allgemeinen in der Epidermis mit der verdickten und kutikularisierten Außenwand. Darum schafft sich die Rinde in der *Kork- oder Peridermbildung* (vgl. Abb. 7) zunächst eine Verstärkung und später einen Ersatz für die den Bedürfnissen des Abschlusses und Schutzes *auf die Dauer* nicht genügende Epidermis. Die *Hauptleistung* des Periderms ist Schutz gegen zu starken Transpirationsverlust; glatte, namentlich helle Periderme schützen die *lebende* Rinde der Zweige und der jungen Stämme auch gegen zu starke Erwärmung durch direkte Besonnung. Verhältnismäßig in seltenen Fällen treten in der Epidermis selbst (z. B. Weiden und Pomaceen), meist in der der Epidermis unmittelbar angrenzenden Schicht, seltener in tieferen Schichten (z. B. Pinus, Larix, Taxus, Robinia, Ribes) perikline Wände auf. Die nach außen abgeschiedenen Zellen gehen sämtlich in Dauergewebe über, wobei die Zellen, ausgenommen bei den Lentizellen, *lückenlos* verbunden bleiben, die Membran in der Regel

1) *Joseph Möller*, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. 447 p. 8⁰ mit 146 Holzschnitten.



verkorkt und der lebende Inhalt schwindet. Dieses Dauergewebe, welches die Funktionen der Epidermis in noch höherem Grade zu erfüllen vermag, ist der Kork (Phellem), das sekundäre Teilungsgewebe, welches ihn erzeugt hat, ist das Korkkambium oder Phellogen. Die von den Initialen dieses Korkkambiums nach innen abgeschiedenen und in Dauergewebe übergeführten Zellen, die sich, abgesehen von ihrer Entstehung, von den primären grünen Rindenparenchymzellen nicht unterscheiden, bilden das Phelloderm. Phellem, Phellogen und Phelloderm zusammen bilden das Periderm oder den Kork im weiteren Sinne. Durch die Bildung eines rings um die Triebe laufenden Periderms, das in den meisten Fällen schon in der ersten Vegetationsperiode ausgebildet wird, müssen natürlich die Spaltöffnungen außer Funktion gesetzt werden, da sie mit der Epidermis früher oder später vertrocknen. Als Ersatzorgane hierfür werden die Lentizellen (auch Korkwarzen oder Rindenporen genannt) gebildet, indem jeweils unter den Spaltöffnungen das Korkkambium eine besondere lebhafte Tätigkeit entfaltet und besonders zahlreiche Zellen nach außen abscheidet, deren Wandung nicht verkorkt, zwischen denen sich überall Interzellularräume ausbilden und deren jeweils äußerste Zellen sich schließlich vollkommen ablösen. Durch diese lokalisierten Zellwucherungen wird die Epidermis mit der Spaltöffnung emporgehoben, schließlich zerrissen und durch den Spalt tritt die meist gelblich- oder rötlichbraune oder grauweiße Lentizelle frei zutage.

Je nach Holzart kann das Periderm einen sehr verschiedenen Bau, eine sehr verschiedene Stärke und eine sehr verschiedene Dauer haben. Nur dünnwandige Zellen finden wir bei dem mächtig entwickelten Schwammkork der Korkulme, deren Zellen zum größten Teile unverkorkt sind (Phelloid) und dem mächtigen, echten Kork des Feldahorns sowie dem der Robinie, dünne bzw. mäßig dicke bei den Eichen, Kastanien und Rotbuchen. Bei letzteren ist das Oberflächenperiderm nur eine dünne Haut, die von innen ebenso rasch erneuert wird wie sie außen abgestoßen wird und deren Korkkambium weit über ein Jahrhundert in Tätigkeit bleiben kann. Bei der Birke haben wir regelmäßig wechselnde Lagen von dünn- und dickwandigem Korke; nur dickwandige Korkzellen hat z. B. Ilex, abwechselnde Lagen von dickwandigen Steinzellen und dünnen Zellen zeigt z. B. der Kork von Pinus, Larix, Liriodendron, während bei Abies einzelne tangentiale Reihen zu einseitig (nur außen) verdickten Steinzellen werden. In tieferen Schichten angelegtes Periderm funktioniert meist nur 1 Jahr. Wenn das oberflächliche, primäre Korkkambium seine Tätigkeit einstellt, treten sekundäre Korkkambien in tieferen Stellen der primären Rinde auf, die nicht um den ganzen Umfang des Organs herumlaufen, sondern sich an das primäre Periderm ansetzen und uhrglasähnliche Stücke aus der primären Rinde schneiden, die vertrocknen, wenn die sekundären Korkkambien Kork gebildet haben. Bleiben die einzelnen, so sukzessive aus der primären und später auch aus der sekundären Rinde herausgeschnittenen, vertrockneten Stücke in größerer Zahl in festem Zusammenhang, so erhalten wir dicke Borkeschuppen, wie sie bei den meisten Lichtholzarten vorkommen (Steinborke der Eiche und Kastanie, Borke der Kiefer, Lärche, Robinie etc.); trennen sie sich frühzeitig, wie beim Bergahorn und besonders wie bei der Platane, so erhalten wir flache Tafelborke usw. In der Wurzel findet die Anlage des Korkkambiums stets im Perikambium statt. Die Folge davon ist, daß der Kork hier fast die ganze primäre Rinde zum Absterben bringt und diese bald abgesprengt wird.

Die zweite wichtige Veränderung, welche die primäre Rinde erfährt, ist der Zuwachs vom Kambium her, die Bildung der sekundären Rinde, welche an älteren Stämmen und Zweigen die Hauptmasse der Rinde ausmacht und von der primären dadurch scharf unterschieden ist, daß sie auf dem Querschnitt fein radial gestreift (von Markstrahlen durchzogen) ist. Auch die inneren Schichten der primären Rinde erfahren oft noch nachträgliche Veränderungen, namentlich verdicken einzelne Parenchymzellen (z. B. Abies, Picea, Larix) oder Gruppen von solchen ihre Wände sehr stark und werden zu Steinzellen, besonders häufig die zwischen den primären Bastfasergruppen gelegenen, wie dies z. B. bei Fagaceen und Betulaceen schon im 1. Jahre der Fall ist. Dieser aus toten Zellen bestehende Steinzellring wird natürlich bei fortschreitendem Dickenwachstum gesprengt, die Zwischenräume bei Betula, Fagus, einige Zeit lang auch bei Quercus alsbald aber durch neugebildete Steinzellen wieder ausgefüllt. Bei Fagus wachsen von diesem Steinzellringe außerdem noch Fortsätze in die primären Markstrahlen bis in das Holz hinein.

Die Verteilung der einzelnen Zellformen in der sekundären Rinde ist je nach der Gattung sehr verschieden. So besitzt z. B. die Innenrinde bei den Cupressineen und bei Taxus einen regelmäßig konzentrisch geschichteten Bau, in dem jeweils eine Reihe Bastfasern mit 3 Reihen Siebröhren und Rindenparenchymzellen abwechseln; Picea, Pinus, Abies, Larix usw. besitzen konzentrische Schichtung, entbehren aber der Bastfasern; die Eichenrinde hat tangentiale Bastfasergruppen mit regellos eingestreuten großen Steinzellgruppen, die Rotbuche und Birke haben nur Steinzellen und keine Bastfasern, die Ulmen und Linden nur Bastfasern und keine Steinzellen; bei der Platane ist das Parenchym zum größten Teile in mäßig verdickte Steinzellen verwandelt. Die Gesamtheit der dickwandigen Elemente der Rinde werden auch als Hartbast, die dünnwandigen als Weichbast bezeichnet. Die primären und stärkeren sekundären Markstrahlen erfahren in den äußeren Partien der sekundären Rinde nicht selten eine fächerförmige Verbreiterung (besonders schön bei Tilia, vergl. Abb. 7). Unter den Parenchymzellen tritt in der primären wie in der sekundären Rinde auch hinsichtlich der Inhaltsstoffe eine weitgehende Arbeitsteilung ein: soweit das Licht noch mit genügender Kraft eindringt, enthalten fast alle lebenden Zellen Chlorophyll, viele enthalten im Zellsaft Gerbstoff, der nach dem Absterben der Zellen das tote Plasma und die Zellwände durchdringt, aus der Luft Sauerstoff aufnimmt und die für tote Rindenpartien charakteristischen gelb- oder rotbraunen, bitteren Rindenfarbstoffe, die Phlobaphene, bildet, die wir als eine Art von Schutzstoffen der Rinde auffassen können; zu letzteren sind wohl auch zu rechnen die Alkaloide wie Taxin (Taxus), die Glycoside, wie Aesculin, Fraxin, Salicin, die alle in lebenden Rindenzellen gebildet werden, die Milchsaftschläuche des Spitzahorns, die Schleimzellen der Linde usw. In den abgestorbenen Parenchymzellen finden wir sehr häufig Kristalle von oxalsaurem Kalk, teils als Einzelkristalle, teils als Drusen ausgebildet; erstere begleiten häufig die Bastfaserbündel auf den tangentialen Flächen in langen Reihen (sog. Kristallschläuche, sehr schön bei Quercus). Die Siebröhren funktionieren nicht länger als eine Vegetationsperiode und werden dann durch den Druck der benachbarten Gewebe fast bis zur Unkenntlichkeit zusammengedrückt, „obliteriert". Bei den Nadelhölzern, Taxus ausgenommen, finden wir noch reichliche Harzgänge, die ebenso wie diejenigen der Nadeln schizogen, das heißt durch Auseinanderweichen von Zellreihen zustande kommen, aber keine dickwandige Faserscheide wie jene besitzen. Außer einem in der primären Rinde verlaufenden

System von Harzkanälen, das mit der Borkebildung zugrunde geht, finden wir im sekundären Zuwachs ein zweites System, dessen Kanäle im Holz der Längsachse parallel verlaufen und nur innerhalb desselben Jahresringes seitlich mit einander in Verbindung treten. Mit dem Harzkanalsystem der sekundären Rinde stehen sie durch radiale, in verbreiterte Markstrahlen eingeschlossene Kanäle in offener Verbindung, ohne sich indes mit dem System der primären Rinde zu vereinigen.

## 6. Das Holz.

§ 17. Vom Holze ist selbst bei dem einjährigen Trieb oder der einjährigen Wurzel nur ein ganz unbedeutender Teil, die Holzteile der Gefäßbündel vor Beginn des Dickenwachstums, die im Trieb auch als „Markkrone" bezeichnet werden, primärer Natur; weitaus die Hauptmasse, der sog. Holzkörper, ist sekundärer Zuwachs. Das Holz dient der Leitung des Wassers mit den Aschenbestandteilen, im Frühjahr auch der Leitung der stickstofffreien Reservestoffe, der mechanischen Festigung des Baumgerüstes und der Speicherung der Reservestoffe. Demgemäß haben wir hier leitende, festigende (sog. mechanische) und speichernde Gewebeelemente zu unterscheiden, zum Teil durch Zwischenstufen verbunden, indem einzelne Gewebeelemente außer der Hauptfunktion noch einer Nebenfunktion dienstbar gemacht sind. Die Zellmembranen aller Holzelemente sind (wenigstens teilweise) verholzt. Der Wasserleitung dienen die dünnwandigen, meist behöft getüpfelten, seltener außerdem noch mit netz- oder spiralförmigen Wandverdickungen versehenen Gefäße oder Tracheen und die bis auf die geschlossenen Enden ebenso gebauten weitlumigen Tracheiden, also ausschließlich physiologisch tote Gewebeelemente; der mechanischen Festigung dienen in erster Linie die dickwandigen Holzfasern (Libriform) mit schiefspaltenförmigen Tüpfeln, die darum auch weitaus die Hauptmasse des Holzes bei den Laubhölzern ausmachen und von deren Menge, Dickwandigkeit und Englumigkeit vor allem die Schwere und die Festigkeit des Holzes abhängt. Im Holz der Koniferen, dem echte Gefäße und Holzfasern fehlen und das fast ausschließlich aus Fasertracheiden aufgebaut ist, welche auf den Radialwänden kreisförmige Hoftüpfel besitzen, muß Wasserleitung und Festigung von den gleichen Gewebeelementen übernommen werden; doch haben wir eine Arbeitsteilung auch hier insofern, als die in erster Linie für die Wasserleitung bestimmten Tracheiden des Frühholzes dünnwandig und weitlumig, die in erster Linie für die Festigung bestimmten des Spätholzes dickwandig und englumig sind. Ebenso dienen auch bei den Laubhölzern die dickwandigen Tracheiden und Gefäße nebenbei der Festigung, und ebenso die Holzfasern mit kleinen spaltenförmigen Hoftüpfeln nebenbei der Wasserleitung. Der Leitung der organischen Baustoffe und der Speicherung der stickstoffreien Reservestoffe dienen die Holzparenchymzellen, welche entstehen, wenn die langgestreckte Gewebemutterzelle sich durch einige Querwände teilt, und die viel spärlicher auftretenden Ersatzfasern, deren Mutterzelle ungeteilt bleibt. Als Reservestoffe finden wir gleich nach dem Laubfall bei allen Bäumen Stärke, die bei den meisten Holzarten, besonders bei den Harthölzern, auch im Winter als solche erhalten bleibt (Stärkebäume), während sie bei den meisten Weichhölzern in fettes Oel umgewandelt wird (Fettbäume). Auch zwischen den typischen Holzfasern und zwischen dem typischen Holzparenchym finden sich anatomische



oder physiologische Zwischenstufen wie gefächerte oder ungefächerte derbwandige Holzfasern mit lebendem Inhalt, die neben der Festigung auch der Speicherung dienen. Der Leitung und Speicherung von Assimilaten dienen endlich noch die Holzmarkstrahlen, deren Zellen zumeist radial gestreckt sind (liegende Markstrahlzellen) und zum Holzparenchym gehören. Bei den dicotylen Holzarten ist der obere und untere Rand der Markstrahlen durch häufig

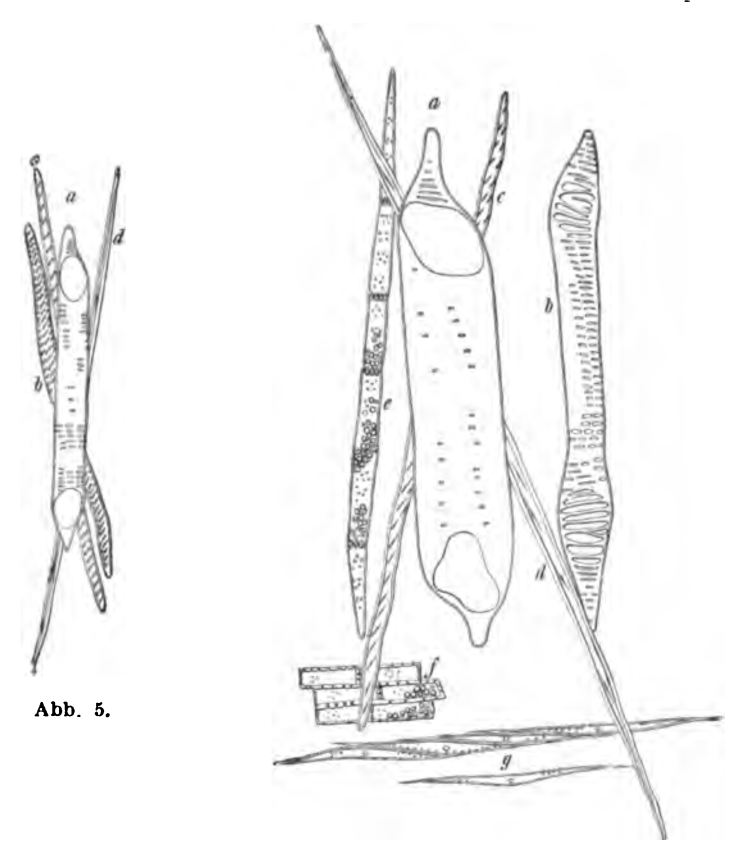


Abb. 5.

Abb. 6.

Abb. 5. Gewebeelemente eines 5-jährigen Rotbuchenstämmchens. a bis d wie bei Abb. 6. Vergr. 100. Nach R. Hartig.

Abb. 6. Gewebeelemente des Rotbuchenholzes im mazerierten Zustand (jüngster Jahrring eines 140jährigen Stammes): a Glied eines weiten Tüpfelgefäßes mit großen kreisähnlichen Durchbrechungen an den Querwänden. b Glied eines engen Tüpfelgefäßes mit leiterförmigen Durchbrechungen der Querwände. c Tracheide mit Hoftüpfeln (in allen 3 Zellen ist der Hoftüpfelcharakter durch den Mazerationsprozeß verwischt). d Holzfaser mit schiefen Spalttüpfeln. e eine Reihe von Holzparenchymzellen. f parenchymatische Markstrahlzellen aus einem schmalen Markstrahl. g faserförmige Markstrahlzellen aus einem breiten Markstrahl. Vergr. 100. Nach R. Hartig.

in der Richtung der Längsachse gestreckte Zellen gebildet (stehende Markstrahlzellen), welche durch zahlreiche, große, mehr oder weniger behöfte Tüpfel mit den angrenzenden Gefäßen kommunizieren; bei vielen Abietineen, besonders auffallend bei Pinus, ist der obere und untere Rand des Markstrahls durch eine oder einige Reihen von radial gestreckten, mit behöften Tüpfeln versehenen

Zellen gebildet, die auch als Tracheiden funktionieren (tracheidale Markstrahlzellen, vgl. Abb. 14 u. 51).

Auf dem Querscnitt eines Laubholzes erkennen wir im allgemeinen die Gefäße und Tracheiden an den zahlreichen behöften Tüpfeln ihrer Membran mit ihrer charakteristischen Querschnittsfigur (vgl. Abb. 14), die Holzfasern an ihrer dicken, glatten Membran und dem Mangel an Stärke, die Parenchymzellen und sonstigen Speicherelemente an der ziemlich dünnen, einfach getüpfelten Membran, dem in der Regel erheblich weiteren Lumen als bei den Holzfasern und dem durch das Vorhandensein von Stärkekörnern als lebend gekennzeichneten Inhalte.

Der Anteil der lebenden (speichernden) Elemente ist beim Laubholz im allgemeinen viel größer als beim Nadelholz, wo sie nur in der Begleitung der Harzgänge (vgl. Abb. 50), oder wo solche fehlen, zerstreut zwischen den Tracheiden in Längsreihen vorkommen und wo die Markstrahlen, die Partien, in welchen Harzgänge verlaufen, ausgenommen, stets einreihig sind. Der winterkahle Laubholzbaum, der alljährlich sein ganzes Laub verliert, bedarf eben viel reichlicherer Reservestoffe als die immergrünen Nadelhölzer. Das Wurzelholz ist im großen und ganzen viel reicher an Parenchym als das Stamm- oder Astholz und außerdem ist es stets auch viel schwammiger gebaut. Letztere Eigenschaft beruht darauf, daß die Durchschnittsweite der einzelnen Gewebeelemente, die ganz großen Gefäße mancher Laubhölzer ausgenommen, eine viel beträchtlichere und die Wandstärke derselben meist eine geringere ist.

Um ihren physiologischen Aufgaben gerecht werden zu können, müssen sowohl das mechanische wie das leitende Gewebesystem in ununterbrochenem Zusammenhange stehen. Dieser Bedingung wird das Leitungssystem dadurch gerecht, daß 1. die Gefäße und Tracheiden stets mit anderen Gefäßen oder Tracheiden der Länge nach oder seitlich zusammenhängen, 2. dadurch, daß das Holzparenchym sich teils seitlich, teils oben oder unten an die Markstrahlen anschließt, und 3. dadurch, daß Holzparenchym und Markstrahlgewebe stets mit dem Wasserleitungssystem, den Gefäßen und Tracheiden, zusammenhängt. Die Markstrahlen stellen die radialen Leitungsbahnen dar, welche durch Holzparenchymbrücken in tangentialer und longitudinaler Richtung in Zusammenhang stehen. Wo Holzparenchymzellen isoliert auftreten, ist diese Isolierung nur eine scheinbare, da das gesamte Leitparenchym eines Baumes zwar nicht in jeder Querschnittsebene, aber doch im Raume ein zusammenhängendes System bildet. Die Markstrahlzellen kommunizieren mit den Gefäßen und Tracheiden durch besonders große oder besonders zahlreiche Tüpfel (vgl. Abb. 50 im Frühholz). Dieser Zusammenhang zwischen Leitparenchym und Gefäßen und Tracheiden ist zuerst von Haberlandt physiologisch richtig gedeutet worden: „So wie im Sommer das Wasser mit den gelösten Nährsalzen vom Parenchym der funktionierenden Wurzeln in das leitende Röhrensystem gepreßt wird und von hier aus als Transpirationsstrom in die assimilierenden Blätter gelangt, ebenso wird im Frühjahr gelöstes plastisches Baumaterial aus dem Holzparenchym und den Markstrahlen in das Wasserleitungssystem gepreßt, um in demselben viel rascher, als es im Leitparenchym auf rein osmotischem Wege möglich wäre, den wachsenden Laub- und Blütensprossen zugeleitet zu werden. Wir haben es also hier mit einer Nebenfunktion des Wasserleitungssystems zu tun, welche allein die so rasche Entfaltung der Laub- und Blütenorgane im Frühjahr ermöglicht."

### 7. Die Jahresringbildung.

§ 18. Die gesamte, aus dem Kambium während einer Vegetationsperiode hervorgegangene Holzmasse bildet in der Regel einen „Jahresring", so genannt nach der bekannten Querschnittsfigur. Mitunter kommen auch zwei, namentlich bei zweimaliger Belaubung in einem Sommer vor, nach Vernichtung der ersten Belaubung durch Spätfrost oder Insektenfraß. Bei derartiger Verdoppelung des Jahrrings in einer Vegetationsperiode pflegt die Dicke der beiden Jahrringe geringer zu sein, als die eines einzelnen normalen. Infolge ungünstiger Ernährungsverhältnisse kann die Jahrringbildung im mittleren und unteren Stammteil unterdrückter Bäume oder am untern Teil langer, schwach beblätterter Aeste auch unterbleiben. Die einzelnen Jahrringe sind gewöhnlich deutlich gegeneinander abgesetzt durch die Jahrringgrenze, welche besonders scharf bei den Nadelhölzern

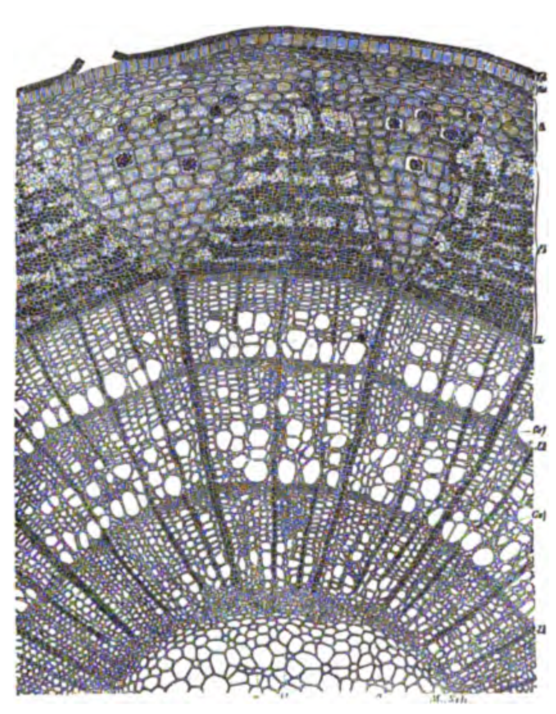


Abb. 7.
Querschnitt eines dreijährigen Lindenzweigs. Vergr. ca. 20. (Nach Kny's Wandtafel.) Das Lindenholz wird zwar zu den zerstreutporigen Hölzern gerechnet, steht aber immerhin den ringporigen recht nahe und kann in den beiden jüngsten Jahrringen der Abb. nahezu als Modell eines ringporigen gelten.

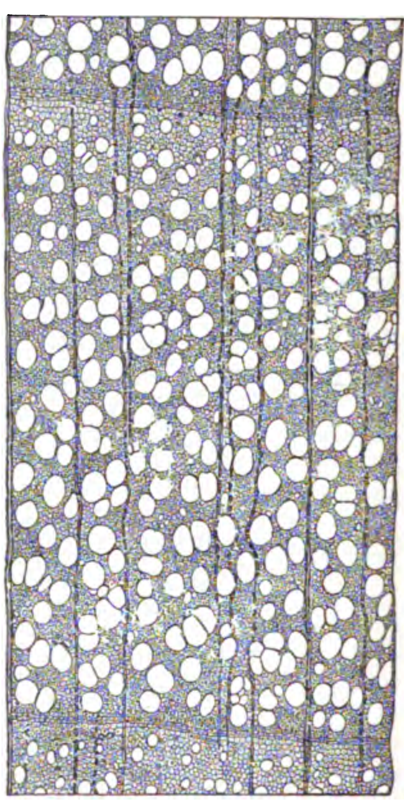


Abb. 8.
Querschnitt durch Rotbuchenholz, zerstreutporiges Holz mit 2 Jahrringgrenzen und schmalen Markstrahlen. Vergr. 50. (Aus Hempel und Wilhelm.)

hervortritt (vgl. z. B. Abb. 37 u. 50). Die Winterruhe des Baumlebens und sein Wiedererwachen im Frühjahr gibt uns noch keine Erklärung der Ringbildung, wir kennen auch tropische Bäume mit Jahrringen und kurzer sommerlicher Ruhepause. Wäre das am Schlusse der Vegetationsperiode gebildete Holz, das Spätholz (unzweckmäßig auch Herbstholz genannt), dem Frühholz (Frühlingsholz) im anatomischen Bau völlig gleich, dann entfiele jeder Grund für die Bildung einer

Jahrringgrenze. Sie fehlt auch bei vielen tropischen Hölzern und ist bei zerstreutporigen einheimischen im Stamm- und Astholz oft schwer, im Wurzelholz oft gar nicht zu erkennen. Die Kambialtätigkeit ist zu Beginn der Vegetationsperiode eine besonders lebhafte und bildet da vor allem Leitgewebe, während sie im Sommer vorzugsweise mechanisches Gewebe bildet und im August im Holze unserer Bäume schon erlischt, nach der Rinde zu dagegen ihre Tätigkeit fortsetzt, so lange es die Witterung gestattet. Dies beruht auf inneren Ursachen und es ist als eine fixierte, erbliche Eigenschaft anzusehen, daß das Frühholz bei den meisten Holzarten dünnwandig und weitlumig und vielfach, bei den ringporigen Hölzern, reich an besonders weiten Gefäßen ist, während das Spätholz sich im allgemeinen durch Dickwandigkeit und Englumigkeit seiner Elemente auszeichnet und die Gefäße bei den ringporigen Hölzern hier sehr viel kleiner und meist auch spärlicher sind. Bei den zerstreutporigen Hölzern sind die Gefäße meist über die ganze Ringbreite annähernd gleichmäßig verteilt, im Frühholz nicht oder nicht viel größer und höchstens etwas zahlreicher. Erblich ist es ferner, daß jede Holzart ihren spezifischen anatomischen Bau besitzt und meist ist in jedem einzelnen Jahrring zu erkennen, ob ein Holz ringporig oder zerstreutporig ist, wie die Gruppierung der Gefäße und Tracheiden, der Holzfasern, des Holzparenchyms, wie die Zusammensetzung, die Breite und Höhe der Markstrahlen beschaffen ist usw., endlich ob etwa einzelne der im vorigen Paragraphen geschilderten Gewebeelemente fehlen; so fehlen den Koniferen regelmäßig Gefäße und Holzfasern, den Eichen, Kastanien und Weißbuchen: Ersatzfasern, den Ahornarten und den Hollunderarten: die Holzfasern, zahlreichen Leguminosen, Weiden und Pappeln, den Eschen und Platanen: die Tracheiden. Verhältnismäßig selten ist es, daß das Holz zweier Gattungen anatomisch schwer zu unterscheiden ist, während die verschiedenen Arten der nämlichen Gattung einander meist in weitgehendem Maße gleichen.

Die Breite der Jahresringe hängt außer von inneren Ursachen, wonach raschwüchsige Holzarten im allgemeinen viel breitere Ringe ausbilden, als trägwüchsige, auch von einer ganze Reihe äußerer Faktoren ab, unter denen die Ernährungsverhältnisse insofern eine wichtige Rolle spielen, als die Assimilationstätigkeit der Krone ja das Material für den Aufbau der Ringe liefert. Bekannt sind die engen Jahresringe der Bäume von der Baumgrenze im Hochgebirge und vor allem diejenigen von der Polargrenze sowie die breiten Ringe der auf sehr fruchtbarem und frischem Boden erwachsenen Bäume; bekannt ist ferner, daß der Baum im Freistand viel breitere Ringe erzeugt, als unter sonst gleichen Standortsverhältnissen im Schlusse, und hier der herrschende Baum wieder breitere als der unterdrückte. In den einander folgenden Jahren sind die Ringe oft von sehr verschiedener Breite beim gleichen Baumindividuum. So hat z. B. ein Maikäfer- oder ein Samenjahr schmale Ringe zur Folge, weil die Reservestoffe für die Bildung der neuen Blätter bzw. die Assimilationsprodukte für das Wachstum der Früchte in Anspruch genommen werden; bei der Buche ist die Verminderung des Zuwachses in dem auf eine Vollmast folgenden Jahre sogar noch größer. Lichtstellung hat eine Verbreiterung der Jahresringe zur Folge (Lichtungszuwachs), aber meist erst nach einigen Jahren außer bei ganz jungen Bäumen, bzw. sehr gut entwickelter Krone. Ebenso ist für die Verteilung des Dickenwachstums auf die einzelnen Teile des Baumes keineswegs die Verteilung der Nahrungsstoffe maßgebend und ebenso wenig ist sie dies für das prozentuale Verhältnis von Früh- und Spätholz, von leitendem und mechanischem Gewebe. Hiefür dürfte nach den Untersuchungen Schwendeners, Metzgers und Frank Schwarz die mechanische Beanspruchung der einzelnen Baumteile

durch den Wind von ausschlaggebender Bedeutung sein, ebenso wie Zug- und Druckverhältnisse auch auf die Ausbildung von exzentrischen Jahresringen von Einfluß sind. Ueberall werden die Jahresringe da breiter, die mechanischen Elemente besser und reichlicher ausgebildet, wo es die Biegungs- oder Druckfestigkeit erfordert. Der Wind oder der mechanische Druck kann jedenfalls nur als auslösender Reiz wirken und daß verschiedene Holzarten auf den gleichen Reiz verschieden reagieren und daß das Verhältnis von Ursache und Wirkung nicht so ganz einfach liegt, dürfte schon daraus erhellen, daß z. B. beim schiefstehenden Koniferenstamm, oder beim Koniferenast, die beide exzentrisch gebaut sind, die Druckseite (Unterseite) und besonders das im frischen Zustande dunkel gefärbte Spätholz (= Druckholz, Rotholz) sowohl nach Menge wie Wandstärke der Tracheiden stärker entwickelt ist (Hypotrophie, Hyponastie), bei den Laubhölzern dagegen die Zugseite (Oberseite) mit hier besonders entwickeltem „Zugholz", dessen Fasern (als tertiäre Verdickungsschicht) auffallend reiche Auskleidung mit unverholzter Zellulose besitzen (Epitrophie, Epinastie), ohne daß dies aber absolut durchgreifend wäre, denn sogar der nämliche Ring kann bald nach oben, bald nach unten, bald nach der Seite verstärkt sein. Am Waldrand besitzen die Stämme gewöhnlich exzentrischen Bau mit der breiteren Seite nach außen, bei engem Stand sind die Ringe an der einander genäherten Seite am schmalsten, an steilen Hängen zeigt die Bergseite den stärkeren Jahresring, in der Windrichtung zeigt sich vielfach eine Exzentrizität der Jahresringe und die schmalste Stelle auf der dem Windstoß zugewendeten (Zug) Seite usw. Beim Taxus und bei der Hainbuche ist dagegen die ungleiche Breite der Jahresringe auf verschiedenen Seiten des Querschnittes eine erbliche Eigenschaft (Spannrückigkeit). Früher Beginn der Vegetation fördert nach Frank Schwarz bei der Kiefer das Frühholz, später das Spätholz, das sich hier von Ende Juli an, vornehmlich im August, bildet. Bäume mit sehr großer Krone und breiten Ringen haben ein geringes, solche mit mittlerer Krone ein großes und solche mit kleiner Krone und schwachem Zuwachs das geringste Spätholzprozent; höhere Bäume haben ein größeres, freistehende, weniger hohe ein geringes Spätholzprozent, was alles durch die früheren Ernährungstheorien nicht befriedigend erklärt werden kann, dagegen zweckmäßig erscheint, wenn man sich den Baumstamm als Träger gleichen Widerstandes konstruiert denkt, nur an der Basis etwas verstärkt. Die relative Menge von Früh- und Spätholz, gleichviel ob der einzelne Jahrring breit oder schmal ist, ändert sich nach Solereder gegen die Stammbasis zugunsten des Spätholzes und die Festigkeit der Stammbasis beruht unter anderm auch auf der hier überwiegenden Spätholzbildung. Ganz abnorm ist das Maserholz gebaut, das seine Entstehung meist dem Auftreten massenhafter Adventivknospen verdanken dürfte, welche die Holzelemente von ihrem normalen Verlauf ablenken (besonders häufig bei Linde und Feldulme).

### 8. Die Verkernung.

§ 19. Der Stammquerschnitt ist bei den meisten Bäumen nicht gleichmäßig gefärbt; gewöhnlich unterscheiden wir eine zentrale, dunkler gefärbte, ausschließlich aus abgestorbenen Elementen bestehende Partie, den Kern, von einer wasserreicheren, weiß oder gelblichweiß gefärbten, reichlich lebende Zellen enthaltenden peripheren Partie, dem Splint. Ist totes Holz durch seine Färbung nicht vom Splint verschieden, (Fichte, Tanne, Zitterpappel, Birke, Ahorn u. a.), so wird es Reifholz genannt. Solche Bäume heißen Splintbäume, die anderen Kernbäume. Der Splint dient der Wasserleitung und als

Reservestoffbehälter und zwar sind es gewöhnlich nur die äußersten, manchmal nur der äußerste Jahresring, welcher Wasser leitet, während die älteren Reservestoffe speichern. Die Dicke des Splints ist sehr verschieden, in den Wurzeln reicht er nach Durchmesser und Jahresringen im allgemeinen am weitesten nach innen; im Stamm ist er dicker als bei den Aesten, zählt aber dort mehr Jahresringe; bei der Kiefer kann er 25, ausnahmsweise sogar bis 80 Ringe umfassen, bei der Silberpappel sind es gewöhnlich nur 7. Die Grenze zwischen Splint und Kern folgt übrigens weder in verschiedener Höhe des Baumes und nicht einmal auf dem gleichen Querschnitt einem bestimmten Jahresring. Je größer die Krone, desto breiter der Splint. Der echte Kern dient lediglich der Festigung. Nicht damit zu verwechseln ist der falsche Kern, Scheinkern oder Faulkern, wie er häufig von Wunden aus, durch Pilze verursacht, mit ganz unregelmäßiger Begrenzung z. B. bei der Rotbuche auf manchen Standorten häufig ist. Je nach dem Zersetzungsgrad des Holzes ist der Faulkern nach Münch[1]) verschieden zu bewerten. Im ersten Zersetzungsstadium, in dem fast nur die technisch bedeutungslosen Zellinhaltsstoffe gebräunt sind, hat das Holz an Festigkeit nicht gelitten, sondern es ist im Gegenteil dauerhafter, also technisch wertvoller geworden. Geht aber die Zersetzung weiter, dann tritt, mit allen Uebergängen, Holzfäulnis ein, die das Holz entwertet. Das Material für die Verkernung, der „Kernstoff", das „Wundgummi" und wie sonst die braunen Zellinhaltsmassen des Kernholzes genannt werden, wurde früher für ein Umwandlungsprodukt der Membran oder (Frank u. a.) für ein zum Zweck des Wundschutzes abgeschiedenes Sekret lebender Parenchymzellen gehalten, während er nach Münch[1]) erst nach dem Absterben der Parenchym- und Markstrahlzellen als Oxydationsprodukt des Zellinhalts, vielleicht auch daneben einzelner Bestandteile der Zellwand und des Holzsaftes entsteht. Insofern ist das gebräunte Kern- und Schutzholz die erste Zersetzungsstufe des toten Holzes. Beim Faulkern bestehen die braunen Zellinhaltsmaßen aus Pilzsekreten, die mikroskopisch vom Wundgummi kaum zu unterscheiden sind. Die Membran der verkernenden Elemente bleibt erhalten; nur die Lumina derselben sind durch Einlagerung der verschiedensten organischen Substanzen verstopft, wie Farbstoffe, harz- und gummiartige Körper, Gerbstoffe etc., die auch häufig in die Membran selbst infiltrieren. Bei manchen unserer Laubholzbäume, wie Ulmus campestris, Celtis australis, Sorbus torminalis und Fagus silvatica sind die Gefäße oft mit kohlensaurem Kalk förmlich angefüllt. Bei der Robinie und bei der Eiche werden die Gefäße normaler Weise durch Thyllenbildung für die Wasserleitung unwegsam gemacht, wenn Parenchymzellen, welche an Gefäße angrenzen, die Schließhäute der behöften Tüpfel jener in die Gefäßlumina blasenartig hineinwölben, wo sich die eingedrungenen Zellen teilen, miteinander verwachsen und das Gefäßlumen schließlich völlig verstopfen. Zugleich wird hierdurch auch der ungehinderte Zutritt

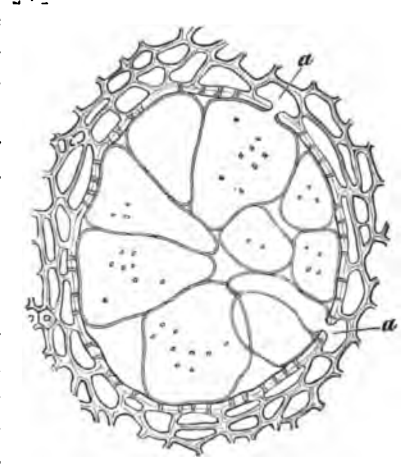



Abb. 9.
Gefäßquerschnitt von Robinia. Der Hohlraum des Gefäßes ist mit Thyllen erfüllt. Bei a a ist der Zusammenhang der Thyllen mit ihren Ursprungszellen zu sehen. Vergr. 300. (Nach Strasburger).

1) Forstl. naturw. Zeitschrift 1910. Heft 11 u. 12.

der Luft zum Bauminnern aufgehoben und dadurch ein gewisser Schutz gegen holzzerstörende, sauerstoffbedürftige Pilze geboten. Die schizogenen Harzkanäle im Koniferenholz werden später, wie die Gefäßlumina der Laubhölzer, durch Thyllenbildung verschlossen und so vollständig außer Funktion gesetzt. Die Thyllen sind hier nichts anderes als die auswachsenden, sezernierenden Zellen. Je dunkler ein Kernholz gefärbt ist, desto dauerhafter pflegt es zu sein; ist dagegen, wie bei manchen Weiden und der kanadischen Pappel das Kernholz nicht durch Schutzstoffe imprägniert, so fällt es leicht der Zersetzung anheim und solche Bäume werden leicht und früh hohl.

## III. Die Arbeitsleistungen des Baumes (Physiologie) [1].

### 1. Die Atmung.

§ 20. Die Atmung (= Sauerstoffresorption) muß als der allgemeinste und fundamentalste Lebensprozeß angesehen werden, denn alle lebenden Zellen atmen und zwar jederzeit, Tag und Nacht. Die Pflanzenatmung ist wie die tierische Atmung ein Oxydationsprozeß, bei welchem hier der Hauptsache nach Kohlehydrate, manchmal auch Fette, zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Das Volum der ausgeschiedenen Kohlensäure ist dem Volum des aufgenommenen Sauerstoffes gleich, die Fälle ausgenommen, in welchen ein Teil des aufgenommenen Sauerstoffs, z. B. bei der Keimung fetthaltiger Samen, bei der Umwandlung der sauerstoffähnlichen Fette in die sauerstoffreicheren Kohlehydrate in den letzteren festgelegt wird. Da die Kohlehydrate und Fette von dem Luftsauerstoff unter gewöhnlichen Umständen nicht, bzw. nur schwer angegriffen werden, kann die Atmung, die „physiologische Oxydation" jedenfalls kein ganz einfacher Vorgang sein. Durch das Netzwerk luftführender Kanäle, das, wie wir früher gesehen, alle lebenden Zellen der Pflanzengewebe umgibt, findet der Luftsauerstoff überall Zutritt zu den lebenden Zellen und ebenso wird in diesen Interzellularen die bei der Atmung gebildete Kohlensäure nach außen abgeleitet.

Die Intensität der Atmung ist eine sehr verschiedene. Am energischsten atmen wachsende Pflanzenteile, besonders in der Entfaltung begriffene Knospen und Blüten und keimende Samen, welche die Hälfte ihrer Trockensubstanz hierbei veratmen können. Außerdem ist die Intensität der Atmung auch von der Lufttemperatur und dem Wassergehalt der lebenden Zellen abhängig; ruhende, sehr wasserarme Samen atmen am trägsten. Die Atmung der grünen, ausgewachsenen Laubblätter ist bei den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden und schwankt im Verhältnis von 1 : 27.

Bei der Atmung wird organische Substanz zerstört, welche bei dem Assimilationsprozeß synthetisch aufgebaut wurde; indes ist der Substanzverlust im allgemeinen ein relativ geringer, wie der Umstand zeigen möge, daß z. B. beim Kirschlorbeer 1 Stunde Assimilation das Material für 30 Stunden Atmung liefert. Die Atmung ist die notwendige Voraussetzung aller Lebensprozesse. Unterbleibt die normale Atmung, z. B. im sauerstoffreien Raum, so stehen sofort alle anderen Lebensprozesse still. Durch die Umsetzung chemischer Spannkräfte (potentielle Energie) in lebendige Kraft (kinetische Energie) liefert die Atmung der Pflanze die Betriebskräfte für andere Lebensäußerungen.

1) Vorzügliche, knappe Abrisse dieser Wissenschaft bieten z. B. das Wiesnersche Lehrbuch p. 201—334, und das Strasburgersche in der Darstellung von Jost, 11. Aufl. 1911. S. 152 bis 279. Ausführlicher ist Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. 1908. 693 S.



## 2. Die Aufnahme des Wassers, der Aschenbestandteile und des Stickstoffs.

§ 21. Das Wasser spielt im Pflanzenleben eine ungemein vielseitige und wichtige Rolle; es durchtränkt alle organisierten Substanzen, die im Gegensatz zu den nicht organisierten quellungsfähig (inbibitionsfähig) sind, es dient zur Deckung des Transpirationsverlustes, zur Einführung der Aschenbestandteile, als Lösungs- und Transportmittel im Stoffwechsel, als direktes Nahrungsmittel zum Aufbau der organischen Substanzen und schließlich zum Wachstum wie zur Festigung beim Turgor, worunter man die osmotische Druckkraft versteht, welche der Zellsaft, dank der in ihm gelösten, Wasser anziehenden Substanzen auf Plasmaschlauch und Zellmembran ausübt. Unter solchem Druck stehende Zellen nennen wir turgeszent und nur im turgeszenten Zustande sind die Zellen — von der Atmung, die auch in welkenden Pflanzenteilen kräftig fortgesetzt wird, abgesehen — zu energischen Lebensäußerungen befähigt. Durch den Turgor allein erhalten wachsende junge Pflanzenteile ihre Festigkeit. Der Gegensatz von turgeszent ist welk.

Die Aufnahme des Wassers und der in ihm gelösten Aschenbestandteile erfolgt, wie wir früher gesehen haben, ausschließlich durch die jüngsten Wurzeln, deren lebende Wurzelhaare als osmotische Apparate funktionieren und deren lebender Plasmaschlauch — und zwar an innerer und äußerer Hautschicht verschieden — eine Art Wahlvermögen den dargebotenen Aschenbestandteilen gegenüber besitzt, indem sie für die meisten gelösten Substanzen viel weniger durchlässig ist als die Zellhaut, so daß diese nicht in den gleichen Mengenverhältnissen, in welchen sie im Bodenwasser gelöst sind, in die Wurzel eintreten. Außerdem lösen die mit den Bodenpartikelchen verwachsenden Wurzelhaare hier direkt noch Aschenbestandteile auf. Durch Diffusion von Zelle zu Zelle wandert das Wasser durch die Rindenzellen der jungen Wurzeln und wird schließlich unter starkem osmotischem Druck in die Hohlräume der Gefäße und Tracheiden des Holzkörpers der Wurzel eingepreßt.

Aschenanalysen, wie sie in großer Zahl ausgeführt worden sind, zeigen uns den Gesamtgehalt an Asche, wie die Zusammensetzung derselben. Besonders aschereich sind die Blätter und die Rinde, während das Holz aschenarm zu sein pflegt. Auf das Trockengewicht bezogen, schwankt die Aschenmenge der Koniferennadeln zwischen 1,5 und 3,5 % (1,3 % Weymouthskiefer, ca. 2 % Kiefer, ca. 3—3,5 % Tanne und Fichte) und zwischen 3,8 % (Erle und Hainbuche) und 8,7 % (Akazie) und 9 % (Esche), die Rindenasche zwischen 0,75 % (Kiefer und Birke), ca. 1,5 % bei der Fichte, 2 % bei der Tanne, 3—4 % bei Buche und Eiche und 8—9 % bei Feldahorn und Ulme, mit großen individuellen und außerdem vom Alter, von Standortsverhältnissen usw. abhängigen Differenzen. Die Rindenasche ist stets sehr reich an Kieselsäure und Kalk, welch letzterer auch in der Asche der Blätter und des Holzes sehr reichlich vorzukommen pflegt. Der Aschengehalt des Holzes ist meist sehr gering, 0,3—0,4 % bei den meisten Hölzern, selten weniger, ca. 0,2 % bei Kiefer und Weymouthskiefer, oder mehr, 0,5 % bei der Robinie. Die Aschenanalysen sagen aber nichts aus über das Bedürfnis an den einzelnen Aschenbestandteilen. Tatsächlich sind die meisten Elemente schon in Pflanzenaschen gefunden worden. Durch die Methode der sog. Wasserkultur ist von Sachs, Nobbe u. a. festgestellt, daß zur vollständigen Ernährung der grünen Pflanze aus dem Boden Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen sowie Stickstoff, Schwefel und Phosphor genügen, während alle andern in den Pflanzenaschen gefundenen Elemente entbehrt werden



können. Der Kohlenstoff der Pflanze stammt nicht aus dem Boden, wie die alte Humustheorie annahm. Die Form, in welcher diese Grundstoffe aufgenommen werden, ist die kieselsaurer, kohlensaurer, schwefelsaurer, phosphorsaurer und salpetersaurer Salze. Wenn man den oben erwähnten unentbehrlichen Elementen Silicium (in der Form von Kieselsäure), Chlor und Natrium als nützliche, die übrigen als entbehrliche gegenüberstellte, so ist dies nur cum grano salis für die tatsächlichen Verhältnisse richtig, seitdem wir den Salzhunger der Pflanze kennen und wissen, daß das Plasma seine volle osmotische Arbeitskraft erst bei einem Aschenminimum, beim Hafer z. B. von 3%, entfaltet, wovon aber nur rund 2% auf obige unentbehrliche Grundstoffe zu kommen brauchen, das letzte Drittel somit anderweitig durch an und für sich bedeutungslose Aschenbestandteile gedeckt werden kann. Der Stickstoff, der ca. 16% der Eiweißsubstanzen ausmacht, ist einer der wertvollsten Bodennahrungsstoffe; er wird von den Baumwurzeln wahrscheinlich sowohl in Form von salpetersauren Salzen wie als Ammoniakverbindung aufgenommen, je nachdem die betreffende Baumart mehr an neutralem oder leicht basischem (Buche) oder an humussaurem Boden (Kiefer, Fichte) angepaßt ist. Da wir keine salpetersauren Mineralien im Waldboden haben, kommt der Stickstoff teils von der Zerstörung organischer Substanz her, teils wird er mit den atmosphärischen Niederschlägen als Salpetersäure und Ammoniak zugeführt, teils wird der freie Stickstoff der Atmosphäre durch die Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblütler, der Erlen und des Sanddorns oder durch gewisse frei lebende Bakterien (Azotobacter) in organische stickstoffhaltige Substanz übergeführt. Als solche kommen derzeit in Betracht [1]) einmal der nur bei reichlichem Sauerstoffzutritt wachsende Azotobacter chroococcum und das anaërobe Clostridium amylobacter mit einer großen Anzahl (gegen 30) „Stämmen", darunter auch Cl. Pasteurianum (dem hauptsächlichsten Stickstoffbinder der früheren Auffassung), Cl. americanum u. a. Alle Stickstoffbinder haben übrigens die Neigung, organische wie anorganische Stickstoffverbindungen zu verarbeiten, alle haben organische Kohlenstoffverbindungen als Stoff- und Kraftquellen nötig, als welche sich Humusstoffe besonders geeignet erweisen. Begleitbakterien obiger zwei Arten, die in der Natur nie fehlen, scheinen nicht mit der Fähigkeit, freien Stickstoff zu binden, ausgerüstet zu sein. In Ostasien hat man in dem Bacillus Krakataui, dem B. malabarensis und dem Micrococcus sulfureus weitere Stickstoffbinder gefunden, bei uns, näherer Prüfung bedürftig, noch Bacillus oxalaticus, danicus, turcosus und prodigiosus. Die vielfach behauptete Stickstoffbindung durch niedere Algen konnte bis jetzt für keine Alge nachgewiesen werden; ebenso ist eine solche vielfach behauptet aber nie einwandsfrei bewiesen für gewöhnliche Schimmel- und andere Fadenpilze, die namentlich in verwesendem Laub, das reich an Kohlehydraten, aber arm an Stickstoffverbindungen ist, in dieser Richtung tätig sein sollen. Zweifellos sind wohl in dieser zur Bindung des Stickstoffs geeignetsten, natürlichen Stätte im Walde stickstoffbindende Bakterien in lebhafter Tätigkeit. Ausschließlich auf Bakterientätigkeit ist auch die Ueberführung des bei der Verwesung gebildeten Ammoniaks in salpetrige Säure (Nitritbildner) und dieser in Salpetersäure (Nitratbildner) zurückzuführen, während zahlreiche andere Arten dieser niedersten Lebewesen die Fäulnis- und Zersetzungsprozesse der abgefallenen Pflanzenteile vermitteln und so deren Substanz schließlich mineralisieren und somit wieder in eine für die grüne Pflanze aufnehmbare Form bringen.

1) Nach Benecke, Bau und Leben der Bakterien, Leipzig 1912. 650 S. Kap. XVII. Die stickstoffbindenden Bakterien.



**3. Die Leitung und Abgabe des Wassers. (Der Transpirationsstrom.)**

§ 22. Den Anstoß zu der Wasserbewegung im Baumkörper, die man darum auch Transpirationsstrom nennt, gibt zweifelsohne die Transpiration, speziell die Verdunstung der Blätter, welche Platz für nachrückendes, neues Wasser schafft. Die Transpiration geht so vor sich, daß Wasserdampf aus den Interzellularräumen des Blattes durch die Spaltöffnungen in die trockenere Außenluft entweicht. In die Interzellularräume verdunstet dann sofort Inbibitionswasser der angrenzenden Zellwände. Dieser Inbibitionsverlust wird aus dem Zellinhalt gedeckt, wodurch in der Zelle osmotische Kräfte frei werden, die alsbald den weiter nach innen gelegenen Zellen Wasser entreißen und diese decken ihren Wasserverlust aus den Tracheiden der überall im Blatt verteilten Gefäßbündelendigungen, wodurch der Transpirationsstrom im Gefäßsystem in Bewegung gesetzt wird. Bei der raschen Massenbewegung, um welche es sich hier handelt, spielt die Bewegung des Inbibitionswassers im Holz (Inbibitionstheorie), die Diffusion des Wassers von Zelle zu Zelle in den lebenden Elementen keine Rolle; die Elemente der Rinde kommen auch nicht in Betracht, weil ringsum geringelte Bäume, bei welchen sich das Wasser *nur* im Holzkörper bewegen kann, ungestört weiter transpirieren. Es kann heute als sicher angesehen werden, daß sich der Transpirationsstrom nur in den *Hohlräumen* der Gefäße und Tracheiden bewegt und hier auch nur in den *äußersten* Jahresringen. Der Nutzen weiter Gefäße im Frühholze ringporiger Hölzer leuchtet dann ohne weiteres ein; es werden so der Länge nach direkt zusammenhängende, weite Wasserbahnen geschaffen, die das Wasser von den aufnehmenden Wurzeln bis zu den einjährigen Zweigen und deren Blättern auf dem kürzesten Wege leiten. Bei den Koniferen, die der Gefäße entbehren, setzen die Schließhäute der Hoftüpfel der Filtration des Wassers keinen nennenswerten Widerstand entgegen. Durch den Transpirationsstrom werden vor allem die Aschenbestandteile nach den Verbrauchsorten, den Blättern, geschafft, wo sie, da nur reines Wasser verdunstet, zurückbleiben und beim Aufbau der organischen Substanzen verarbeitet werden. Dies dürfte der Hauptzweck der Transpiration sein, da das Bodenwasser kaum mehr Aschenbestandteile enthält als reines Trinkwasser; (viele Wasserleitungen werden ja mit Grundwasser gespeist). Ueber die Wasserbewegung und die dabei tätigen Kräfte, welche das Wasser bis in die höchsten Baumwipfel emporheben (Wurzeldruck, Mitwirkung lebender Zellen durch Diffusion, Druck und Saugung, Imbibition, Kapillarität, Saugkraft der Transpiration und Kohäsion des Wassers) sind eine ganze Anzahl von Theorien aufgestellt worden, doch ist die Erscheinung bis dato noch keineswegs in befriedigender Weise erklärt.

Der *Wassergehalt der Bäume* geht mit dem Verbrauch und mit dem Bedürfnis nicht parallel; er beträgt, je nach Art und Individuum, zwischen 30 und 60 % und schwankt auch, je nach Jahreszeit, bei der gleichen Holzart und dem gleichen Individuum innerhalb viel engerer Grenzen. Die Transpiration wird begünstigt durch große Blattfläche, dünne Kutikula, zahlreiche Spaltöffnungen, ferner durch Trockenheit und Wärme der Luft und ganz besonders durch den Wind; die starke Begünstigung der Transpiration durch das Licht wird durch den Einfluß desselben auf die Blattstruktur nahezu wieder aufgehoben. Die Transpiration wird herabgesetzt durch kleine Blattfläche, dicke Kutikula, benetzbare Oberfläche, spärliche, namentlich vertieft liegende Spaltöffnungen, durch Kälte der Luft wie des Bodens und namentlich durch hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Der Wasserverbrauch hängt aber auch von der Wasserzufuhr ab, indem bei reichlicher Wasserzufuhr sehr

viel reichlichere Transpiration stattfindet als bei spärlicher, was die Regulierung des Wasserverbrauchs durch die Schließzellen der Spaltöffnungen, die hier allein in Frage kommen kann, in schönster Weise illustriert. Die Transpiration der Nadelhölzer verhält sich zu der der Laubhölzer etwa wie 1:10 bei spärlicher, wie 1:6 oder 7 bei reichlicher Wasserzufuhr. Zur Bildung von 100 g lufttrockener Blattsubstanz verbraucht nach den eingehenden Untersuchungen von v. Höhnels [1]) in runden Zahlen (als Durchschnittszahl von 3 Vegetationsperioden) Lärche und Linde ca. 100, Esche 85, Birke 81, Rotbuche 75, Hainbuche 73, Ulme 66, Bergahorn 58, Stiel- und Traubeneiche 54, Spitzahorn 53, Fichte 13½, Kiefer 9½, Tanne 7 und Schwarzkiefer 6½ Liter Wasser. Mit den Erfahrungen der Praxis, den Ansprüchen der einzelnen Holzarten an Bodenfeuchtigkeit, stimmen diese Versuchszahlen nicht durchweg, weil hier noch die flache oder tiefe Bewurzelung als sehr wesentliches Moment zu berücksichtigen ist und darum die sehr flachwurzelnde, nur die obersten Bodenschichten ausnützende Fichte hinsichtlich der Feuchtigkeitsansprüche vor der tiefer wurzelnden Eiche rangiert. Die absoluten Transpirationsmengen mögen gleichfalls an einem Beispiel von Höhnel erläutert werden. Eine große freistehende Birke, deren Krone ca. 30 qm beschattete und 200 000 Blätter trug, mit einem Frischgewicht von 21,4 Kilo (= rund 11 Kilo Trockengewicht), verdunstet an einem sehr heißen Tage 300—400 Liter, an einem Regentage vielleicht nur 8—10, im Durchschnitt 60—70 Liter pro Tag, in der ganzen Vegetationsperiode rund 9000 Liter. Ein Hektar 115 jähriger Buchenwald verdunstet täglich 25 000 bis 30 000 Liter.

### 4. Die Aneignung des Kohlenstoffs. (Die Assimilation.)

§ 23. Der gesamte Kohlenstoff der grünen Pflanzen, der in einem Baumstamm ungefähr die Hälfte des Trockengewichts ausmacht, stammt ausschließlich von dem Kohlensäuregehalt der Luft ab, der relativ zwar sehr gering ist (0,033%), der aber vermöge der Diffusionsgeschwindigkeit der Gase in der Umgebung der assimilierenden Organe sofort nach Verbrauch wieder ersetzt wird. Die absolute Menge des Kohlenstoffs in der Atmosphäre ist eine sehr beträchtliche; man hat den Kohlensäuregehalt derselben auf ca. 3000 Billionen Kilo berechnet, was ca. 800 Billionen Kilo Kohlenstoff entspricht. Die Assimilation, die Synthese von Kohlehydraten aus Kohlensäure und Wasser, ist ein der Atmung direkt entgegengesetzter, in seinen Details noch nicht aufgeklärter physiologischer Prozeß, bei welchem das Volumen des frei werdenden Sauerstoffs demjenigen der zerlegten Kohlensäure gleich ist. Die Spaltung der Kohlensäure findet nur in den grünen Zellen und nur bei Gegenwart von Licht statt; die rotgelbe Hälfte des Spektrums ist dabei am wirksamsten. Als erstes sichtbares Assimilationsprodukt wird Stärke in den Chlorophyllkörnern gebildet, der aber wohl zweifelsohne einfachere chemische Verbindungen vorausgehen. Die Chlorophyllkörner sind die Organe des lebenden Protoplasmas, welche ohne merkliche Abnutzung unter Benutzung der Energie der Sonnenstrahlen diese Synthese vermitteln. Die ansehnliche chemische Arbeit, welche hierbei geleistet wird, wird in Form von chemischen Spannkräften in den erzeugten Kohlehydraten aufgespeichert. Die äußeren Bedingungen der Assimilation sind: Licht, Wärme und genügende Zufuhr von Wasser und mineralischen Nährstoffen, die innern: ausgiebige

1) v. Höhnel, Ueber die Transpiration der forstl. Holzgewächse. Aus den Mitt. aus d. forstl. Versuchsw. Oesterreichs Bd. II. Heft 1 u. 3. 1879 u. 1880. 44 u. 24 p. 4°; Ders., Ueber das Wasserbedürfnis der Wälder (Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1884. p. 387—409).



Ableitung der Assimilate. Die gleichen Blattflächen bilden bei verschiedenen Holzarten und selbst bei verschiedenen Individuen der gleichen Art unter gleichen Bedingungen ungleiche Mengen von Assimilationsprodukten (spezifische Assimilationsenergie). Die Ursachen der letzteren liegen teils in der Zahl und Größe der Chlorophyllkörner in der Zelle, teils in der reichlicheren oder spärlicheren Entwickelung des Durchlüftungssystems (Interzellularräume), jedenfalls aber auch in der energischeren oder minder energischen Tätigkeit der Chlorophyllkörner selbst, die wieder in engster Beziehung zu der spezifischen Struktur des Protoplasmas steht. Im übrigen wird bei der im grünen Blatt stattfindenden Absorption der Sonnenstrahlen[1]) nur ein geringer Teil für die Kohlensäurezerlegung in Anspruch genommen; ein weitaus größerer Teil bewirkt die bei direkter Besonnung oft sehr erhebliche Erwärmung der gesamten Blattsubstanz und ermöglicht dem Baum selbst bei dampfgesättigter Luft noch die für die Erwerbung der Aschenbestandteile so wichtige Transpiration. Das Blatt als Assimilationsorgan muß durch seine Organisation befähigt sein, das ihm bald reichlicher, bald spärlicher zufließende Licht in geeigneter Weise zu verwerten: schwache Belichtung nach Kräften auszunützen und zugleich die mannigfachen Gefahren zu starker Belichtung zu vermeiden. Das erfordert aber eine günstige Auswahl der dem Blatte zur Verfügung stehenden Sonnenstrahlen. Die infraroten Strahlen, die sog. dunklen Wärmestrahlen, bei hochstehender, unverschleierter Sonne dem Blatte überreichlich zugemessen, spielen als solche bei der Assimilation keine Rolle; sie werden zwar vom Blatt, d. h. von dem im Blatt enthaltenen Wasser reichlich absorbiert, nicht aber vom Chlorophyll, sie dienen nur zur Erwärmung des Blattes. Die grüne Pflanze macht sich hauptsächlich diejenigen Strahlen durch Absorption dienstbar, die am konstantesten im diffusen Tageslicht vorhanden sind und mithin am häufigsten zur Verfügung stehen. Das grüne Pflanzenkleid der Erde erklärt Stahl als eine Anpassung an die Zusammensetzung des diffusen Lichtes. Das Chlorophyll ist nämlich kein einheitlicher Farbstoff. Schüttelt man eine alkoholische Lösung von „Rohchlorophyll" z. B. mit Petroläther, so erhält man hierin eine Lösung von „Chlorophyllgrün", während der zum größten Teil aus Carotin bestehende Anteil, das „Xanthophyll" oder „Chlorophyllgelb" im Alkohol bleibt. Die Laubblätter erscheinen somit in einer Färbung, die aus Farbentönen zusammengesetzt ist, welche den im diffusen Licht vorherrschenden Strahlengruppen komplementär sind. Bei zunehmender Atmosphärendicke werden die kurzwelligen, brechbareren Strahlen, die blauviolette Hälfte des Spektrums, den langwelligen gegenüber geschwächt und die hier dominierende rotgelbe Strahlengruppe wird durch das „Chlorophyllgrün" absorbiert und nutzbar gemacht, das „Chlorophyllgelb" dagegen ist komplementär demjenigen Lichte, das den Pflanzen vom blauen Himmelsgewölbe zufließt.

Sonnenblätter sind gewöhnlich heller gefärbt als Schattenblätter. Bei den sommergrünen Holzpflanzen nimmt die Stärke des Grün so lange zu, als das Wachstum des Blattes dauert, dann tritt ein stationärer Zustand in der Zeit normaler Blattätigkeit ein, in der aber sowohl durch zu starke Besonnung wie durch zu starke Beschattung wieder eine Abnahme des Pigments erfolgen kann. Bei den immergrünen Holzgewächsen wird der tiefste Grad der Sättigung

1) Stahl, Zur Biologie des Chlorophylls. Jena 1909. 156 S.

erst sehr spät erreicht: bei Buxus z. B., mit etwa sechsjähriger Lebensdauer der Blätter, fällt das Maximum der Chlorophyllbildung ins dritte Jahr, dann folgt allmähliche Abnahme; Tannennadeln am Ende des ersten Vegetationsjahres sind auffällig heller als die vorjährigen; bei Taxus sind die jungen Nadeln zur Zeit des höchsten Sonnenstandes, Ende Juni, noch blaßgrün, die zweijährigen dunkelgrün und die dreijährigen beinahe schwarzgrün. Die alten Nadeln enthalten absolut mehr „Rohchlorophyll", aber relativ weniger „Xanthophyll". Im Interesse einer Regulierung der Strahlenabsorption ist die Pflanze fähig, den Chlorophyllgehalt zu steigern oder zu verringern und qualitativ zu verändern, man vergleiche z. B. die tiefgrüne Laubfarbe in schattigen Gebirgsschluchten mit der oft gelbgrünen an sonnigen, trockenen Standorten. — Beim herbstlichen Vergilben der Blätter, das gewöhnlich an der Zweigbasis beginnt, degenerieren die Chlorophyllkörner und das „Chlorophyllgrün" verschwindet.

Der Lichtgenuß des einzelnen Blattes hängt sehr von seiner Stellung gegen das einfallende diffuse Licht, von der Stellung des Blattes in der Baumkrone und von der Lichtstellung des ganzen Baumes ab (Freistand, Randstand oder geschlossener Stand). Im Innern der Krone einer Buche im Buchenwald beträgt nach Wiesner [1]) der tatsächliche Lichtgenuß eines Blattes nur $^1/_{16}$ des gesamten Tageslichts an der Peripherie und er kann selbst bis $^1/_{100}$ herabgehen. Dazu kommt noch der Lichtverlust durch Reflexion an der Blattoberfläche. In dichtbelaubten Bäumen ist die Lichtintensität im Innern der Krone um Mittag am geringsten, weil da die transversal-heliotropisch gestellten Blätter das meiste Licht zurückhalten. Das Licht, welches ins Innere der Krone gelangt, ist zum größten Teile nicht durch die Blätter hindurchgegangen, sondern durch die Lücken zwischen denselben; nur deshalb vermögen die Blätter im Innern der Krone überhaupt noch zu assimilieren, weil Licht, auch wenn es nur ein einziges Blatt passiert hat, für die Assimilationsarbeit zu sehr abgeschwächt ist. Bei derartigen Verhältnissen sind unsere Bäume auf mehr oder weniger abgeschwächtes, namentlich auf diffuses Licht abgestimmt. Solche Bäume, welche nur bei stärkerem Lichtgenusse gut gedeihen und sehr empfindlich gegen seitliche Beschattung (Seitendruck) und Beschattung von oben (Ueberschirmung) sind (Lärche, Kiefer, Birke, Aspe, Erle, Esche), nennt man Lichtholzarten, solche, die starke Beschattung ertragen (vor allem Buche und Tanne, einigermaßen auch Fichte, Weißbuche und Linde) Schattholzarten. Je günstiger übrigens die Standorts- und Bodenverhältnisse sind, desto höher ist im allgemeinen auch das Schattenerträgnis der einzelnen Holzarten und damit auch die Bestandesdichte und umgekehrt. Innerhalb der Lichtgenußgrenzen erleiden somit Schatthölzer durch stärkeren Lichtentzug natürlich auch geringere Zuwachsverluste als Lichthölzer. Wenn der bessere Standort bei gleichen Beleuchtungsverhältnissen mehr Holzmasse produziert als der geringere, so hat dies nach Th. Hartig seinen Grund darin, daß auf letzterem die Blätter mangels genügender Nährsalzzufuhr nicht mit voller Energie arbeiten.

### 5. Stoffwandlungen und Stoffwanderungen.

§ 24. Die Ableitung der Assimilate aus den Blättern, wobei die Stärke, um diffusionsfähig zu werden, stets in Zucker verwandelt wird, und dieser, um die Diffussion im Gange zu erhalten, vorübergehend in den aufnehmenden Zellen wieder zu Stärke wird (Wanderstärke), wird durch Wärme sehr begünstigt; an sehr heißen

1) Wiesner, Der Lichtwuchs der Holzgewächse (Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1897. 14 p. 8⁰).



Tagen kann es darum gelegentlich überhaupt nicht zur normalen Stärkeanhäufung in den Blättern kommen. In der Nacht entleeren sich die Blätter völlig von Stärke. Wahrscheinlich werden aus den assimilierten Kohlehydraten und den aufgenommenen Nährsalzen schon in den Blättern Eiweißverbindungen und andere organische Substanzen gebildet, die übrigens, ihrer Entstehung nach vom Lichte unabhängig, zum Teil auch in den Wurzelzellen, in der Rinde und im Kambium gebildet werden können, wie denn von den grünen Rindenzellen selbstverständlich auch assimiliert wird. Die Eiweißkörper müssen, um wasserlöslich und diffusionsfähig zu werden, in Amide umgewandelt werden; nur in den Siebröhren können die Eiweißkörper als solche wandern. Durch die Siebteile der Blattnerven wandern die Assimilate und Eiweißkörper in die Rinde und hier abwärts bis zu den Wurzeln, um diesen und dem Kambium die nötigen organischen Baustoffe zu liefern. Den Beweis für diese Abwärtswanderung in der Rinde liefern Ringelungsversuche, bei welchen an geringelten Stämmchen unterhalb der Ringelungsstelle, die die abwärtswandernden Assimilate nicht überschreiten können, jegliches Dickenwachstum unterbleibt, während es oberhalb derselben, wo sie sich stauen, um so kräftiger einsetzt. Von diesen, den Längsachsen der Organe parallelen Hauptbahnen dieser Stoffwanderung, gehen überall an der Rinde Nebenbahnen senkrecht ab (die Markstrahlen), welche die Baustoffe dem Kambium und dem Holze zuführen. Was für Atmung und Wachstum nicht verbraucht wird, speichern die lebenden Zellen der Rinde, die Markstrahlen und Holzparenchymzellen in Zweigen, Stamm und Wurzel als Reservestoffe für späteren Bedarf auf. Das Mark selbst ist bei unseren Holzgewächsen gewöhnlich stärkefrei, während die lebenden Elemente von Holz und Rinde im Herbste vollgestopft von Stärke zu sein pflegen (ausgereiftes Holz!). Aber schon im Spätherbst findet in der Rinde eine Auflösung der Stärke und Umwandlung in Zucker, zum Teil auch eine Auswanderung in das Holz statt, während, wie schon früher erwähnt, die Stärke im Holze vieler Weichhölzer vor Eintritt des Winters in fettes Oel verwandelt wird. Im Frühjahr, schon ca. Anfang März, wird die Stärke wieder regeneriert, dann in Zucker umgewandelt und gelangt als solcher mit anderen löslichen organischen Substanzen in die eigentlichen Wasserbahnen des Holzes, die Gefäße und Tracheiden (Blutungssaft), um rasch nach den Verbrauchsorten aufwärts geschafft zu werden und (im April und Mai) das Baumaterial für das Austreiben der Knospen zu liefern. Der größte Teil der Reservestoffe im Holze wird übrigens für die Samenbildung aufgespeichert; so sind bei der Eiche die lebenden Zellen des Splints voll von Stärke, desgleichen bei der Rotbuche die 20 äußersten Jahresringe und dann, in abnehmender Menge, noch ca. 30 weitere Ringe. Nur die Stärke der beiden äußersten Ringe erfährt beim Austreiben der Triebe und Blätter eine Verminderung, die aber schon im Herbste wieder ausgeglichen ist. Ein volles Samenjahr verbraucht die ganzen im Holze der Buche aufgespeicherten Reservestoffe bis auf Spuren und Hartig macht die mehr oder weniger häufige Wiederkehr der Samenjahre bei der gleichen wie bei verschiedenen Holzarten von der Schnelligkeit abhängig, mit welcher sich die Reservestoffbehälter wieder füllen.

Im Herbste, kurz vor dem normalen Laubfall, findet eine teilweise Entleerung der Blätter und eine Rückwanderung der gelösten Stoffe in die Rinde statt.

### 6. Der Laubfall.

§ 25. Das Laubfallproblem, nur teilweise in diesen Abschnitt gehörig, soll hier im Zusammenhang behandelt werden; anscheinend so einfach, ist es, wie Wies-

ner[1]), Dingler[2]) und andere gezeigt haben, viel verwickelter, als es früher schien und als es dem Uneingeweihten auch heute noch scheinen mag. Nicht nur die zur Ablösung der Blätter führenden anatomischen Veränderungen, sondern auch die Ursachen der teilweisen oder gänzlichen Entlaubung unserer Holzgewächse können sehr verschiedenartiger Natur sein. Am augenfälligsten tritt uns der herbstliche Laubfall entgegen; an ihn hat man früher allein gedacht und denkt man zumeist auch heute nur, wenn es sich um periodische Entlaubung von Holzgewächsen handelt. Daneben kommen aber, zum Teil ebenfalls als periodische Erscheinungen, vier andere Formen vor, die Wiesner Sommerlaubfall, Hitzelaubfall, Frostlaubfall und Treiblaubfall genannt hat.

Die normale Ablösung der Blätter erfolgt in der bekannten zartwandig-parenchymatischen Trennungsschicht, welche die Basis des Blattstieles quer durchsetzt und in der Regel, als Vorbereitung des physiologischen Laubfalles, erst kurz vor dem Laubfall ausgebildet wird. In der Trennungsfläche verschleimen die Mittellamellen der Zellen, alle prosenchymatischen Zellen der Blattstiele sind an dieser Stelle sehr reduziert und nur die Gefäße und Tracheiden des Blattnervs sind verholzt; sie werden, ebenso wie die Siebröhren, beim Blattfall quer durchrissen, wenn die Ablösung des Blattes erfolgt, indem sich die Zellen der Trennungsschicht in der Trennungsfläche gegeneinander abrunden. Der Verschluß der Gefäße erfolgt durch Ausscheidung von „Schutzgummi" oder durch Ausfüllung mit Thyllen, die Siebröhrenenden werden zusammengedrückt oder verholzen und der Schutz der parenchymatischen Blattnarben erfolgt durch Verkorkung der freigelegten Zellen der Trennungsschicht und außerdem meist noch durch Ausbildung einer besonderen Korkschicht, die sich an das Periderm der Tragzweige ansetzt. Stirbt dagegen das Blatt rasch bis auf den Grund, wobei auch die Trennungsschicht, falls sie überhaupt schon gebildet ist, eintrocknet, dann wird das dürre Blatt erst spät durch äußere, mechanische Kräfte abgebrochen. Bei der Fichte lösen sich die Nadeln infolge von Spannungsunterschieden der ober- und unterhalb der Trennungsfläche sehr verschieden großen und sehr ungleich verdickten Zellen (vgl. Abb. 13), wenn sie bis zur Trennungsfläche eintrocknen, während das Blattpolster, der unter der Trennungsfläche liegende Teil der Nadelbasis, noch turgeszent ist.

Die eigentliche Ursache des normalen herbstlichen Laubfalls ist eine innere Periodizität, ein physiologisches Altern der Blätter und somit sterben die sommergrünen Blätter normalerweise an Altersschwäche auch da, wo die Temperatur kein Hindernis für das Weiterleben bieten würde, denn auch in den wärmeren Mittelmeergebieten fallen die Blätter unserer Holzarten ab, nur später als bei uns, weil das wärmere Klima die Lebensdauer verlängert. Auch bei uns lassen sich individuelle Verschiedenheiten bezüglich des Laubfalls beobachten. Die Entblätterung von Langtrieben erfolgt von unten nach oben am Trieb; völlig ausgebildete Blätter von Johannistrieben können bis in den November und Dezember grün bleiben und selbst leichtes, nicht zu lange anhaltendes Frostwetter ertragen; die Blätter von frisch geschneitelten und geköpften Bäumen, die erheblich später entfaltet werden, bleiben, wie Dingler gezeigt hat, viel länger grün, mit bedeutenden Unterschieden allerdings, je nach

1) Herbstl. Entleerung, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1871; Sommerlaubfall. Ber. d. D. bot. Ges. 1904. S. 64; Treiblaubfall ibid. S. 316; Hitzelaubfall S. 501; Frostlaubfall l. c. 1905. S. 49.

2) Ber. d. D. bot. Ges. 1905. S. 463 u. 1906 S. 17.



Baumart, und kleineren, je nach Jahreswitterung und Individuum. In all diesen Fällen sind die länger lebenden Blätter die jüngeren, bei den geschneitelten Bäumen auch die kräftigeren. Bei der Entblätterung der Langtriebe beschleunigen die an der Spitze des Triebes stehenden jüngsten Blätter durch Wasserentzug das Absterben der älteren an der Basis. Lichtmangel kann da kaum mitwirken, wenigstens nicht allgemein, weil auch an den zahlreichen Langtrieben, deren untere Blätter im vollen Lichtgenusse stehen, das Absterben genau nach der Altersfolge stattfindet, obwohl sonst ein inniger Zusammenhang zwischen den Beleuchtungsverhältnissen der Holzgewächse und ihrem Laubfall vorhanden ist, was besonders beim Sommerlaubfall und beim Hitzelaubfall hervortritt. Kaum ist der sommergrüne Baum völlig beblättert, so beginnt auch schon der Laubfall z. B. bei Aesculus, Tilia, Negundo usw., bei denen die kleinen, am Grunde der Zweige stehenden, relativ schwach assimilierenden Blätter, gewöhnlich nach vorausgegangener Vergilbung, abfallen. Dieser „Frühlingslaubfall" vollzieht sich in kurzer Zeit, oft mit einem Male nach länger dauerndem Regen; er leitet den kontinuierlich verlaufenden Sommerlaubfall ein, als dessen Ursache Wiesner das Sinken des mittäglichen Sonnenstandes betrachtet, das mit Sommerbeginn seinen Anfang nimmt und der darum (theoretisch) mit dem 21. Juni beginnt. Mangel an genügender Lichtintensität im Innern der Baumkrone läßt die innersten, am schlechtesten beleuchteten Blätter der Baumkrone absterben und sich ablösen. Dieser Prozeß findet bei Bäumen mit schattenempfindlichem Laub, deren Belaubung in den Sommer hinein reicht, den ganzen Sommer hindurch statt und verschmilzt endlich mit dem herbstlichen Laubfall. Bei denjenigen Bäumen, die ihre Belaubung erheblich vor Sommerbeginn vollenden, wie z. B. der Buche, beginnt der Sommerlaubfall später, ungefähr dann, wenn die Mittagssonnenhöhe jenen Wert zu unterschreiten beginnt, bei welchem die Laubbildung zum Abschluß gekommen ist. Der Sommerlaubfall beseitigt etwa 10—30 Prozent der Blätter und erhält so den mittleren relativen Lichtgenuß der betreffenden Baumart konstant. Je höher das Minimum des relativen Lichtgenusses einer Holzart ist, desto schwächer ist der Sommerlaubfall, bei Lärche und Birke scheint er schon zu fehlen oder sehr schwach zu sein, das gleiche gilt für Bäume mit geringer Schattenempfindlichkeit; Holzgewächse ohne herbstlichen Laubfall haben auch keinen Sommerlaubfall.

Der Hitzelaubfall tritt bei sehr starker Bestrahlung des Laubes, bei Trockenheit der Luft und Bodendürre ein und ist vom Sommerlaubfall völlig verschieden. Während beim Sommerlaubfall die innersten, am schwächsten durch diffuses Licht beleuchteten Blätter der Baumkrone in gewöhnlich vergilbtem, aber wasserreichem Zustand abfallen, lösen sich beim Hitzelaubfall nur jene Blätter ab, welche von der Sonne direkt getroffen und scharf eingetrocknet (verbrannt) werden, keineswegs nur die am stärksten von der Sonne getroffenen, äußeren Blätter, sondern auch tiefer in der Krone gelegene, aber direkter Bestrahlung ausgesetzte, weil diese nach Wiesner wegen verminderter Wärmeausstrahlung stärker erwärmt werden und so dem Hitzelaubfall verfallen, (besonders Roßkastanien, Linden, Ulmen und Robinien, weniger Buchen und Hainbuchen).

Der Treiblaubfall ist auf immergrüne Holzpflanzen beschränkt, bei denen die Lebensdauer der Blätter ebenfalls begrenzt ist und das Absterben auch aus Altersschwäche erfolgt; nur ist die Ablösung der Blätter, insbesondere bei sehr langlebigen Blättern, sehr träge. Die sommergrünen Blätter werfen im

feuchten (wassergesättigten) Raum, bei länger andauernder Verdunkelung oder nach länger andauernder Berieselung mit Wasser rasch ihr Laub ab. Die Immergrünen können z. T. unter diesen Umständen monatelang ihr ganzes Laub behalten und die Widerstandsfähigkeit gegen Regen (Ombrophilie) ist als eine der Einrichtungen aufzufassen, die die Ausbildung immergrünen Laubes ermöglichen. Auf äußere Einflüsse, die bei sommergrünen Pflanzen rasch zur Entlaubung führen, reagieren sie verhältnismäßig wenig, abgesehen von der, dem Hitzelaubfall analogen Frühlingsschütte der geröteten Fichten- und anderer Koniferennadeln, die in strengen Nachwintern bei kalten Nächten mit gefrorenem Boden und sonnigen Tagen mit hochstehender Mittagssonne namentlich auf der Westhälfte nicht selten vertrocknen. Erst das Treiben der Knospen führt bei den Immergrünen zur organischen Abtrennung der Blätter in größerem Umfang; bei diesen Pflanzen sind auch die Laubknospen in die Peripherie der Krone verlegt, während bei den Sommergrünen eine solche Beschränkung nicht existiert, und schlafende Augen sind, namentlich bei den Nadelhölzern, viel seltener oder fehlen nahezu ganz. Da die Knospe zu ihrer Entfaltung und normalen Entwickelung Licht notwendig hat, muß das alte Laub nach Bedarf beseitigt werden.

Der Frostlaubfall, gegen den die einzelnen Holzarten und Altersstufen der Laubblätter sehr verschiedene Empfindlichkeit zeigen, tritt umso schärfer hervor, je früher sich der ersts Frost einstellt, je reicher noch die sommergrünen Holzgewächse mit frischem Laub geschmückt sind; stellt sich der erste Frost in milden Wintern sehr spät ein, wenn das Laub aus anderen Ursachen schon zum großen Teil abgefallen ist, dann tritt die Erscheinung weniger deutlich ein oder bleibt auch ganz aus. Der Frost tötet entweder die am Grunde der Blattstiele gelegenen Gewebe, in welchen die Ablösung der Blätter erfolgt, namentlich solche mit saftreichem Blattstielwulst (wie Roßkastanie, Esche), bei denen in der Trennungsschicht oft eine dünne Eislammelle gebildet wird; in diesem Fall, in dem der eigentliche Blattkörper intakt geblieben ist, folgt der Blattfall unmittelbar auf die Frostwirkung. Bei spät eintretendem Frost hat sich bei solchen Bäumen meist schon vor Eintritt des Frostes eine Spaltung in der Trennungsschicht vollzogen und dann findet die Ablösung ohne Eislamelle statt. Oder der Frost tötet, die Trennungsschicht verschonend, die Blattspreite ganz oder teilweise, dann erfolgt die Ablösung der Blätter erst nach Tagen oder Wochen (z. B. Sambucus). Endlich kann der Frost das Blatt einschließlich der Trennungsschicht töten, das Blatt trocknet bei Eintritt des Frosttodes rasch ein und bleibt sehr lang am Stamm, insbesondere dann, wenn die Trennungsschicht noch nicht ordentlich ausgebildet ist (Frühfrost); die Ablösung erfolgt entweder durch den Wind oder andere äußere, mechanische Kräfte oder durch Vermoderung. Bei den durch Weidevieh verbissenen Buchenbüschen und bei buschförmigen, niederen Eichen bleiben die toten Blätter oft bis kurz vor dem Laubausbruch im Frühjahr hängen. Ausnahmsweises Auftreten der bei uns seltenen starken Frühfröste hebt das in normalen Jahren erfolgende Alterssterben der Blätter fast aller unserer einheimischen Holzgewächse auf.

Selbstverständlich sind der sommerliche und der herbstliche und — in anderer Richtung — auch der Treiblaubfall biologisch nützliche Einrichtungen. Von der oben erwähnten Regulierung des Lichtgenusses abgesehen, wird auch die Verdunstung der Baumkrone, d. h. ihre Wasserökonomie hierdurch reguliert, bei noch wachsenden Trieben die Weiterentwicklung der Triebe begünstigt; herbstlicher Laubfall sichert die Laubholzbäume vor den gewaltigen Gefahren des winterlichen Schneedrucks, wie vorzeitige Herbstschneefälle gelegent-

lich sehr eindringlich demonstrieren; er nutzt endlich auch den Wurzeln durch die leichtere und stärkere Erwärmung des Bodens.

### 7. Das Wachstum.

§ 26. In jeder Pflanze wird erheblich mehr organische Substanz produziert, als zum Wachstum Verwendung findet, weil bei der Atmung ein Teil derselben ja wieder zerstört wird. Das Wachstum ist nach Schnelligkeit, nach Dauer und nach Wuchsrichtung von inneren wie von äußeren Faktoren abhängig, unter letzteren namentlich von genügender Wasser- und Nahrungszufuhr, von Gegenwart von Sauerstoff (Atmung), von Schwerkraft, Licht, Wärme, Luft- und Bodenfeuchtigkeit. Die Dauer des Wachstums ist aus inneren Ursachen entweder begrenzt: Blätter, Blüten, Kurztriebe oder (theoretisch) unbegrenzt: bei den meisten Langtrieben. Die Schnelligkeit des Wachstums ist nach Art und Individuum verschieden (spezifische und individuelle Wachstumsenergie). Nach dem zeitlichen Verlauf des Wachstums unterscheidet man eine große Wachstumsperiode, bei welcher unter gleichen äußeren Bedingungen die Wachstumsgröße mit kleinem Zuwachs beginnt, bis zu einem Maximum anschwillt und dann allmählich bis auf 0 sinkt, und eine kleine oder tägliche Wachstumsperiode, welche unter dem Einflusse der sich ändernden äußeren Bedingungen auftritt.

Bei jedem Baume haben wir eine große Periode des Längen- und des Dicken- (Flächen-) wachstums zu unterscheiden. Im Wesen der großen Periode liegt es, daß die Wachstumsenergie sich mit dem Alter eines Individuums ändert; auch verläuft die große Periode im Stamm anders als in den Seitenästen. Die Wachstumsenergie ist in der Jugend bei allen Holzarten im Leittrieb größer als in den Seitenzweigen. Das kann so bleiben (Fichte); es kann später die Wachstumsenergie des Leittriebs rascher abnehmen als diejenige der Aeste, so daß beide annähernd gleich werden, wie bei der ca. 100—120 Jahre alten Kiefer, deren Krone sich schirmförmig abwölbt, sowie bei vielen Laubhölzern; es kann aber auch die Wachstumsenergie der obersten Seitenzweige schließlich größer werden als die des Leittriebs (Storchennest bei der alten Weißtanne). Ebenso ändert eine Störung der Korrelation der Organe, z. B. Entfernung des Gipfels einer Konifere, die Wachstumsenergie und Wuchsrichtung der obersten Aeste (Kandelaberbaum).

### 8. Die Reizbewegungen.

§ 27. Alle Organe des Baumes hängen an ihrer Basis mit anderen Pflanzenorganen zusammen und die Bewegungen, welche sie etwa ausführen, können darum nur Krümmungsbewegungen sein. Die Wuchsrichtung, welche die jungen Organe einschlagen, die Stellung, welche sie im fertigen Zustande einnehmen, ist keine zufällige, sondern eine fast stets von äußeren Faktoren, die als Reize wirken, abhängige. Dies setzt aber eine reizbare Struktur des Protoplasmas voraus, die wir uns gleichfalls als eine polare vorstellen müssen. Es handelt sich hier um keine einfache Abhängigkeit von äußeren Kräften, sondern die Reizwirkung besteht nur in der Auslösung bestimmter Wachstumsvorgänge, wobei verschiedene Organe unter dem Einfluß der gleichen Kraft ganz verschiedene Stellungen einnehmen, was man Anisotropie nennt. Der Ort der größten Reizempfindlichkeit des Organs kann von dem Orte wahrnehmbarer Reizwirkung mehr oder weniger entfernt sein,

da eine Fortleitung des Reizes von der Empfängnisstelle stattfindet, z. B. von der Wurzelspitze zur Krümmungsstelle.

Die Reizbewegungen bringen die Pflanzenorgane in die passendste Stellung zu ihrer Umgebung, z. B. Wurzel und Sproß bei keimenden Samen.

Die Befähigung der Pflanzenorgane zu solchen Wachstumskrümmungen wird je nach der Natur des Reizes, von denen Licht und Schwerkraft weitaus die wichtigsten sind, Helio- oder Geotropismus genannt. Von minder wichtiger Bedeutung sind Hydro-, Chemo-, Aerò-, Thermotropismus u. a. Stellt sich ein Organ in die Richtung des Reizes, so wird es orthotrop und positiv oder negativ heliotropisch usw. genannt, je nachdem es nach der Reizquelle zu- oder von derselben wegwächst; nimmt es eine schiefe Stellung ein, so heißt es plagiotrop, z. B. Seitenzweige und Seitenwurzeln; ein Spezialfall letzterer Stellung ist die transversale, z.B. bei unseren meisten Laubblättern. Die Zone der Streckung ist diejenige Stelle, an welcher die Reizkrümmungen am raschesten und leichtesten ausgeführt werden; doch können sich auch ausgewachsene Organe noch krümmen, wie Blattstiele, oder mehr- und selbst vieljährige Zweige, deren Kambium reizbar geblieben ist. (Vgl. z. B. Harfenbäume und ähnliches).

Das Licht wirkt übrigens auch noch in anderer Weise, wie Wiesner und Jost gezeigt haben, indem es die Knospen weckt, die besser beleuchteten Zweige fördert (Phototrophie) und so die Organe vornehmlich zur Entwickelung bringt, welche die vorteilhafteste Lichtstellung einnehmen. Für den Baum ist darum die Phototrophie viel wichtiger als der Heliotropismus.

Die windenden Stämme, wie Lonicera, schlingen mittelst Lateralgeotropismus, der zunächst eine Flanke des sich streckenden Sproßendes reizt und diese zu langsamerem, die gegenüberliegende Seite zu stärkerem Wachstum veranlaßt; dadurch wird, da immer neue Partien des reizbaren Sproßendes durch diese Bewegung in die reizbare Flankenstellung kommen, die Stütze in lockeren Windungen umschlungen. Später kommt dann negativer Geotropismus hinzu, der die Windungen aufrichtet und an die Stütze fest anpreßt. Das Schlingen der Ranken (Ampelopsis) und kletternden Blattstiele (Clematis) dagegen erfolgt durch Berührungsreiz, indem die junge Ranke, der junge Blattstiel infolge der Berührung mit einer rauhen Stütze an der Berührungsstelle langsamer, an der gegenüberliegenden Seite rascher wächst und so die Stütze fest umwindet. Bei der Ranke pflanzt sich der Reiz auch nach den älteren Teilen fort und veranlaßt deren spiralige Aufrollung und die Ausbildung mechanischer, verholzter Gewebe.

Die Schlafbewegungen, wie sie z. B. die Blätter der Robinie zeigen, beruhen auf Turgoränderungen in der oberen und unteren Hälfte der Blattstielpolster, für welche Licht und Dunkelheit als Reize wirken.

## IV. Die allgemeinen Bedingungen des Baumlebens.

§ 28. Genügende Wasserversorgung ist außer hinreichender Wärme zur Vegetationszeit und geeigneten Bodenverhältnissen die maßgebende Bedingung für die Ermöglichung des Baumwuchses. Schimper teilt nach den Einrichtungen für Wasseraufnahme und -Abgabe die Pflanzen in drei, durch Zwischenstufen verbundene Klassen ein: 1. Xerophyten (ξερός = trocken), die Bewohner phy-



siologisch trockener Standorte, d. h. Gewächse mit erschwerter Wasserversorgung, einerlei ob dieselbe durch Trockenheit des Bodens oder durch Kälte, hohen Salzgehalt usw. bei nassem Boden bedingt ist; die Struktur solcher Pflanzen ist vornehmlich auf eine Verminderung der Wasserabgabe eingerichtet; 2 Hygrophyten, die Bewohner physiologisch nasser Standorte, welche die Gefahr des Vertrocknens ausschließen; bei diesen Gewächsen finden wir Einrichtungen, welche die Wasserabgabe begünstigen und 3. Tropophyten (τροπή = Wechsel), deren Existenzbedingungen, je nach Jahreszeit, diejenigen der Xerophyten oder die der Hygrophyten sind. Die Mehrzahl unserer Bäume, vor allem die winterkahlen Arten, sind Tropophyten, d. h. in der Vegetationszeit Hygrophyten, während der winterlichen Ruhezeit im entlaubten Zustande Xerophyten, überall abgeschlossen durch Kork und dicke Kutikula; unsere sommergrünen Bäume haben hygrophile Laubblätter, aber xerophile Achsen und Knospenschuppen. Ein echter Xerophyt dagegen ist unsere Kiefer. Von diesen drei Klassen sind Xerophyten und Tropophyten zweifellos nachträgliche Anpassungserscheinungen; darum stellen die Existenzbedingungen unserer mitteleuropäischen Wälder nur einen Spezialfall, freilich den für uns wichtigsten, des Baumlebens dar, sind aber für ein tieferes Verständnis des letzteren nicht ausreichend. Die Verhältnisse, unter denen die winterkahlen Laubhölzer und die Lärche sowie die immergrünen Koniferen bei uns leben, sind keine primären mehr, denn die Geologie lehrt uns, daß der Wechsel der Jahreszeiten und die Sonderung in klimatischen Zonen Erscheinungen verhältnismäßig jungen Datums sind, die sich erst im Laufe des nur ca. 3 % der „organischen Erdgeschichte" umfassenden Tertiärs entwickelten. In der Zeit von Kreide, Jura und Trias und noch früher existierten diese Zonenunterschiede nicht; damals herrschte, nach den Versteinerungen zu schließen (z. B. Palmen in Grönland!), vom Aequator bis zu den Polen ein gleichmäßig warmes und feuchtes Klima. Mit der fortschreitenden Abkühlung der Erde an den Polen und der im Beginn des Quartärs eingetretenen Eiszeit bildeten sich die klimatischen Zonen, mit welchen die für die heutige Verteilung der Pflanzen- und Tierwelt maßgebenden Wanderungen und Anpassungen (Winterruhe, Fixierung des Laubausbruchs, der Blütezeit usw. für bestimmte günstige Zeitpunkte) verknüpft sind. Ursprüngliche Verhältnisse, soweit wir heute noch von solchen sprechen können, finden wir nur noch in den Tropen und zwar speziell im sog. tropischen Regenwalde, wo hohe und gleichmäßige Wärme, hohe Lichtintensität, sehr reichliche (2—4 m pro Jahr) und gleichmäßig verteilte Niederschläge, große Luftfeuchtigkeit, die sich in der Nacht und in den Morgenstunden der Sättigung nähert, auf fruchtbarem Boden eine ungemeine Ueppigkeit des Baumwuchses entwickeln und das Bild hervorrufen, das man sich gewöhnlich unter dem Namen „Urwald" vorstellt, obwohl dieser Begriff jeden ursprünglichen, sich selbst verjüngenden und von Eingriffen des Menschen leidlich unberührten Wald umfaßt. Der tropische Regenwald ist ein Etagenwald, der sich bei allem Streben nach dem Licht durch möglichst weitgehende Ausnützung des Raumes auszeichnet, in dem die Stämme und Aeste bis in die Zweigspitzen mit zahllosen grünen Epiphyten besetzt und oft förmlich unter denselben versteckt sind und alle Bäume durch ein mächtiges Gewirr dünn- und dickstämmiger Schlingpflanzen (Lianen) zusammenhängen, in dem, wenigstens an den lichteren Stellen, der Boden ein reiches Unterholz und zahlreiche großblätterige Kräuter trägt, so daß der ganze Wald vom Boden bis zum Gipfel eine dichte Laubmasse bildet. Viele Bäume entbehren hier der festen Blütezeit usw. und blühen und fruchten, bald reichlicher, bald spärlicher das ganze Jahr. Die Zahl der Gattungen und Arten von Holzpflanzen

ist sehr viel größer und erstreckt sich über zahlreiche Familien, von denen wir nur Kräuter kennen. Der Wechsel in der Gestalt der meist viel ärmlicher verzweigten Baumkronen, die Unterschiede in der Form und Stärke der Stämme, in Form, in Größe und Färbung der Blätter sind sehr viel weitgehender und zahlreicher als bei uns. Das Profil eines solchen Waldes ist nicht eben, sondern zackig, entsprechend einer durchschnittlichen Baumhöhe von ca. 40—60 m, die Färbung der Oberfläche, von einer Bergspitze gesehen, ist nicht gleichmäßig wie bei uns, sondern bietet ein wahres Farbenmosaik. Von diesem Bilde üppigster Fülle und kräftigsten Wuchses weichen eine ganze Anzahl von Waldformationen ab, die einer mehr oder weniger weitgehenden Verschlechterung der klimatischen Bedingungen ihren Charakter verdanken, grundverschieden sowohl untereinander, wie von unseren Wäldern: so die Farn-, die Bambusa-, die Palmenwälder der Tropen, so der subtropische und temperierte Regenwald (in Südchile z. B. mit nur 2—7° jährlicher Wärme), ferner der immergrüne Nadelwald ohne Winterruhe, der subtropische immergrüne Laubwald, ferner die durch hohen Salzgehalt des Bodens bedingten Formationen, wie Mangrovenwälder (tropische Küsten-Sumpfwälder), tropische Strandwälder, und die blattlosen Halophyten Zentralasiens, endlich die durch trockenheißes Klima bedingten xerophytischen Laubwaldungen, sommerkahl und regengrün: die tropischen Laubwälder des Sudans mit Akazien und Baobab oder die Catingas Brasiliens mit Faßbäumen, Säulenkakteen und Dorngebüsch, die fast 6 Monate blattlos sind und ihre Stämme z. T. zu mächtigen Wasserbehältern ausgebildet haben, so die blattlosen Casuarinawälder Ostjavas und der Sundainseln oder die schattenarmen, immergrünen Eucalyptuswälder Australiens (Grasland mit riesigen Bäumen, deren Kronen sich in der Regel nicht berühren) u. a. m. Diese kurzen Bemerkungen mögen genügen, um die außerordentliche Verschiedenheit der äußeren Bedingungen, unter welchen auf unserer Erde ein Baumwuchs möglich ist, anzudeuten, und ebenso ist es bekannt, daß das winterkahle Laubholz und das immergrüne Nadelholz innerhalb zum Teil sehr weiter klimatischer Grenzen waldbildend gedeiht. Dabei sind freilich auseinander zu halten die Bedingungen, welche es dem Baumwuchs gestatten, das Leben im Sommer eben noch zu fristen, womit dem praktischen Forstmann wenig gedient ist, und die Bedingungen, welche möglichst günstige, d. h. ausgiebige Zuwachsverhältnisse gewähren, was für ihn die Hauptsache ist, was von Holzart zu Holzart wechselt und außerhalb unseres Rahmens fällt. — Bei aller Verschiedenheit im einzelnen sind diesen so grundverschiedenen Klassen von Waldungen doch einzelne Momente gemeinsam [1]). Der Baum befindet sich mit seiner assimilierenden und transpirierenden Oberfläche in größerer Entfernung von den Wasservorräten des Bodens als der Strauch oder das Kraut; er vermag dieselben aber mittelst seines, wo es nötig, sehr tief gehenden Wurzelsystems in viel vollkommenerer Weise auszunutzen und braucht darum vor allem einen beständig feuchten Untergrund, wobei es zwar nicht für die einzelne Art, aber für das Baumleben an sich gleichgültig ist, ob die Bodenfeuchtigkeit von Regen oder Schnee oder von irdischem Gewässer herrührt, ob die Niederschläge häufig oder selten, ob sie während der Vegetations- oder während der Ruheperiode fallen. Je höher die Temperatur, desto höher das Wasserbedürfnis; während in den Tropen der hygrophile Baum mindestens 150 cm jährliche Regenmenge erfordert, begnügt er sich in kühleren temperierten Gebieten mit ca. 60 cm.

Große hygrophile Bäume bedürfen im belaubten Zustande einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80 %, die nur wenige Stunden des Tages auf 60 % sinken darf, wäh-

1) Weitere Details über Gehölzeklima vgl. Schimper, Pflanzengeographie.



rend Xerophyten einige Zeitlang sogar 30% ertragen. Der Wind bedingt eine mächtige Zunahme der Transpiration und trockene und darum bei Frostwetter besonders stark austrocknende Winde sind es, wie Kihlmann gezeigt hat, die dem Baumwuchs in polaren Gegenden eine Grenze setzen, ganz ähnlich wie in den Gebirgen; darum liegt die Baumgrenze im Schwarzwalde z. B. rund volle 800 m tiefer wie in der Schweiz; was jenseits der Baumgrenze über die winterliche Schneedecke emporragt, vertrocknet, wobei die Besonnung im Winter ebenfalls von stark austrocknender Wirkung ist, zumal hier noch die von der Schneedecke reflektierten Sonnenstrahlen zu den direkt wirkenden hinzukommen. In den Hochalpen, wo die dünne Luft nur wenig Wärme absorbiert und die Wärmestrahlen zur Vegetationszeit den Boden stark erwärmen, finden wir, wie Fankhauser[1]) mit Recht bemerkt, an der in erster Linie durch Wärmemangel bedingten Baumgrenze nirgends mehr geschlossenen Wald, weil nur der lichte Stand hier das Wärmebedürfnis der Holzpflanzen noch zu befriedigen vermag. Spezielle Schutzvorrichtungen gegen Kälte gibt es nicht; die Widerstandsfähigkeit sehr niederen Temperaturen gegenüber ist eine spezifische Eigenschaft des Plasmas mancher Pflanzen. Alles, was man als solche Schutzeinrichtungen gedeutet hat, wie dicke Kutikula, Korkbildungen, Knospenschuppen, ist als Schutz gegen Trockenheit aufzufassen und die kältesten Orte der Erde Jakutsk (—62° C) und Werchojansk (— 64° ) liegen — im sibirischen Waldgebiet! Sie lehren uns, daß genügende Wärme und Luftfeuchtigkeit zur Vegetationszeit ein Baumleben ermöglichen, gleichgültig, wie tief die Wintertemperaturen sinken. So hat das eben erwähnte Werchojansk folgende mittlere Monatstemperaturen: Oktober — 18,1, November — 39,7, Dezember — 48,4, Januar — 51,5, Februar — 46,2, März — 35,2, April — 15,8, Mai — 1,1 und Juni + 9,4, Juli + 15,6, August + 9,3 und September + 0,4.

Dem Optimum des Gehölzeklimas entspricht der hygrophile Baum, den geringeren Graden des Gehölzeklimas in absteigender Reihe der tropophile, der xerophile und das Niederholz. Baumfeindlich ist in höheren Breiten ein Klima mit trockenem Winter, in dem die Transpirationsverluste nicht gedeckt werden können.

## V. Die Baumgestalt und ihre Ursachen.

§ 29. Die sehr verschiedenen Höhen, welche die einzelnen Baumarten unter gleichen äußeren Verhältnissen und in der gleichen Zeit erreichen, der verschiedene Gang der großen Wachstumsperiode von Stamm und Aesten bei der gleichen Holzart, die Grundform und Durchschnittsgröße der einzelnen Organe, die Verzweigungsweise und Stärkeverhältnisse der Aeste und die Wuchsrichtung der Zweige, die Länge der Jahrestriebe, das Verhältnis von Lang- und Kurztrieben, die Blattstellung, der mehr oder weniger regelmäßige Aufbau der Krone sind angeborene Eigenschaften und Merkmale, die von inneren Ursachen, von der spezifischen Molekularstruktur des Protoplasmas abhängen. Sie bedingen in ihrer Gesamtheit das, was wir als den Habitus einer Holzart bezeichnen, der natürlich auf den verschiedenen Altersstufen unserer Bäume mehr oder weniger verschieden ist. Als Physiognomie der Bäume[2]) habe ich die Modifikation dieser einzelnen Eigenschaften durch äußere

1) Schweizerische Zeitschr. f. Forstw. 1901. S. 1 ff.

2) L. Klein, Die Physiognomie der mitteleuropäischen Waldbäume. Karlsruhe 1899. 26 p. 10 Tafeln 8°, zitiert als Klein I.

Eine Menge weiterer Abbildungen zur Baumphysiognomie finden sich ferner in: L. Klein, Die botanischen Naturdenkmäler des Großherzogtums Baden. Karlsruher Rektoratsrede 1904. 35 S. u. 45 Abb. (Klein II). — L. Klein, Charakterbilder mitteleuropäischer Waldbäume,

Kräfte bezeichnet, unter denen Licht, Schwerkraft, Luft- und Bodenfeuchtigkeit, der Wind, Schneedruck und mancherlei Beschädigungen durch Naturgewalten, sowie durch Eingriffe von Tieren und von Menschenhand die Hauptrolle spielen. Vor allem ist die räumliche Stellung des Baumes von weitgehender Bedeutung für die Wirkung der genannten äußeren Faktoren, der freiständige Baum und der Baum im Schlusse verhalten sich in vielen Punkten wesentlich verschieden. Der Baum im Freistand ist in der Regel kurzschäftig, abholzig und vollkronig, der im Schlusse erwachsene dagegen langschäftig, vollholzig und armkronig, entsprechend den viel günstigeren Beleuchtungs- und Ernährungsverhältnissen im Freistand und den ungünstigeren im Schlusse, weshalb die unteren Aeste hier viel früher und viel weiter hinauf als im Freistand aus Lichtmangel absterben und dann von den Atmosphärilien und von Pilzen zerstört werden; der Baum „reinigt sich" von Aesten. Auf der andern Seite wird der Baum im Freistande von dem Winde ganz anders in Anspruch genommen und muß darum bei seiner hier viel größeren Krone auch viel größere Stärke erhalten, da er, wie Metzger[1]) gezeigt hat, in allen Teilen stets als Träger gleichen Widerstandes gegen Bruch ausgebildet wird. Je feuchter die Luft, je günstiger der Lichtzutritt, desto weiter reicht die Krone beim Baume im Freistand herab, je breiter und schattender die Krone, desto höher reinigt sich der Schaft im allgemeinen auch im Freistande von Aesten unter Berücksichtigung des Lichtbedürfnisses überhaupt (Licht- oder Schattholz). In der Krone bleibt von den zahlreichen Jahrestrieben, die sich jeweils im Frühjahr aus den Knospen entfalten, nur ein sehr bescheidener Teil im Laufe der Jahre am Leben, während die Mehrzahl aus Lichtmangel abstirbt; die so entstehende „physiologische Zweiganordung" kann die ursprüngliche morphologische später völlig verdecken. Ein zehnjähriger Birkenast würde bei einer Produktion von nur 2 Seitenzweigen pro Jahr 19 683 Laubsprosse in 9 Generationen besitzen, während Wiesner bei guter Beleuchtung 238, bei schwacher 172 Zweige und nur 5 Generationen zählte. Ueberhaupt finden wir beim erwachsenen Baum in keinem Fall[2]) so viele Zweiggenerationen, wie den Lebensjahren des Baumes entsprechen würden. Eine 100 jährige Eiche müßte 99 Zweiggenerationen aufweisen, wenn alle erhalten und erkennbar blieben, während wir in Wirklichkeit nur 5 bis 6 zählen und überhaupt nie mehr als höchstens 8 Generationen bei unseren Bäumen zu erkennen sind, die zudem meist schon in den ersten 10 Lebensjahren erreicht werden. Einseitige Beleuchtung ruft eine stärkere Kronenentwicklung auf der Lichtseite hervor (Randbäume) und wirkt bei manchen Bäumen auch auf die Wuchsrichtung der Aeste, die sich unter dem Einflusse des Hinterlichtes sehr viel steiler aufrichten, als unter dem des viel intensiveren Vorderlichts.

Im Freistand bleibt die gleiche Baumart, trotz günstigerer Ernährungsverhältnisse, beim Abschlusse des Höhenwuchses in der Regel niedriger als im Schlusse. Man hat dies, wohl mit Unrecht, damit zu erklären versucht, daß sich die Bäume im Schlusse gegenseitig „treiben". Die natürlichste Erklärung für die genannte Erscheinung dürfte wohl darin zu sehen sein, daß Luftfeuchtigkeit das Längenwachstum begünstigt und die Gipfeltriebe der Bäume sich bei der gewaltigen Tran-

Jena 1905 mit 30 Tafeln 4⁰. (Klein III). — L. Klein, Bemerkenswerte Bäume im Großherzogtum Baden. (Forstbot. Merkbuch). Heidelberg 1908, 200 S. Text und 208 S. Abbildungen, auf denen fast sämtliche Wuchsformen unserer Waldbäume dargestellt sind. (Preis geb. 4 Mk.) (Klein IV).

1) Metzger, Der Wind als maßgeb. Faktor f. d. Wachstum der Bäume. Mündener forstl. Hefte III. 1893, vgl. auch V und VI. 1894.

2) Büsgen, Baum, im Handwörterb. d. Naturw. 1912.



spirationsleistung des geschlossenen Waldes in feuchterer Luft strecken als diejenigen freistehender Bäume bei sonst gleichen Standortsverhältnissen, dann aber auch darin, daß die Bäume im Schluß gewissermaßen auf Höhenwuchs gezüchtet werden, da alle schlechtwüchsigen Individuen früher oder später überwachsen und unterdrückt, resp. bei den Durchforstungen herausgenommen werden. So bleiben schließlich im Bestande des Hochwaldes die wüchsigsten Stämme allein übrig.

Die Hauptunterschiede zwischen Baum und dem meist schon unter der Erde verzweigten Strauch (Büsgen l. c.), bestehen darin, daß beim Baume sich die oberen Seitenzweige der Aeste meist stärker entwickeln, beim Strauch dagegen die untersten, die sich aufrichten und ihren Muttersproß im Wachstum einholen. Bei den Sträuchern nimmt die Wachstumsenergie der aufrechten Achsen rasch ab.

Von weitgehendem Einflusse auf die individuelle Baumphysiognomie ist ferner der Wind, insofern er teils mechanisch, teils austrocknend auf die Krone wirkt, bald peitschend und sog. „Fahnenwuchs" = einseitige Kronenentwickelung (Abb. 68), bald scherend und die ihm zugekehrte Hälfte (Abb. 30) oder, in Hochlagen, die Gipfel der Krone zerstörend, bald drückend und den Stamm in nachgiebigem Boden schief legend. Spätfröste in Frostlöchern und Verbiß durch Wild und Weidevieh (Ziegen, Rindvieh) verändern die Gestalt der jungen Holzpflanze oft von Grund aus (Gaistannli, Kuhbuche) (Abb. 28, 65, 66), indem im Frühjahr oder Winter sämtliche oder fast sämtliche Langtriebe kurz über ihrer Basis abgefressen werden, dann an Stelle jedes Langtriebes mehrere kurze Ersatztriebe gebildet werden und die ganze Pflanze so eine dichtbuschige, halbkugelige oder kegelförmige Gestalt bekommt und nur ganz langsam an Größe zunimmt, bis, nach Jahrzehnten, ein oder einige Triebe den Tieren aus dem Maule gewachsen sind und sich fortan normal weiter entwickeln. Beeinflußt wird die individuelle Baumgestalt endlich durch Ersatztriebe (Sekundärwipfel), wie sie namentlich bei Koniferen, teils spontan, teils nach Gipfelverlust entstehen und die sog. Kandelaberbäume (Abb. 43) hervorrufen, und selbstverständlich durch grobe mechanische Verletzungen überhaupt, sei es durch Naturgewalten wie Wind und Schneebruch, Schneedruck u. dgl. oder durch Eingriffe des Menschen, wie Aufschneiteln, Köpfen oder auf den Stock setzen.

## 2. Die einzelnen Holzarten [1]).

### A. Die Nadelhölzer.

§ 30. Unter den Nadelhölzern können nur 4 Gattungen Picea (Fichte), Abies (Tanne), Larix (Lärche) und Pinus (Kiefer) Anspruch auf hervorragende forstliche Bedeutung machen und von den 3 ersten derselben jeweils sogar

1) Die Anordnung und Benennung der einzelnen Familien folgt dem von Engler verbesserten natürlichen System. Die Einteilung der Laubhölzer in „Kätzchenträger" und „kätzchenlose Laubhölzer" geschah lediglich aus praktischen Rücksichten. Vorzügliche farbige Abbildungen in groß 4⁰, beblätterte Zweige, Knospen, Blüten und Früchte der meisten einheimischen Bäume darstellend, findet man in dem dreibändigen Werke von Hempel und Wilhelm, in kleinerem Maßstab solche in dem Taschenbuch: L. Klein, Unsere Waldbäume, Sträucher und Zwergholzgewächse. 180 S. Text, 100 farbige Tafeln. Heidelberg 1911 (Preis geb. 3 Mark). Letztere Abbildungen sind im folgenden Text zitiert und mögen als Ersatz für die hier fehlenden Bilder blühender und fruchttragender beblätterter Zweige unserer Holzpflanzen dienen. Alle dort farbig abgebildeten Arten tragen hier ein * vor dem lateinischen Namen!



nur eine einzige Art, während unter den Kiefern neben der gemeinen Kiefer auch die Schwarzkiefer und die Weymouthskiefer solche Ansprüche erheben dürfen. Demgemäß sollen in der nachfolgenden Darstellung diese wichtigsten Nadelholzbäume besonders eingehend charakterisiert werden. Alle andern Nadelhölzer werden entsprechend ihrer geringeren Bedeutung sich mit einer viel knapperen Charakteristik begnügen müssen.

Die Länge der Nadeln variiert bei vielen Koniferen außerordentlich je nach der Stellung am Baum, dem Alter des Baumes, den Standortsverhältnissen und Ernährungsbedingungen und die gleiche Pflanze trägt oft, je nach Jahrgang, Nadeln von sehr verschiedener Länge.

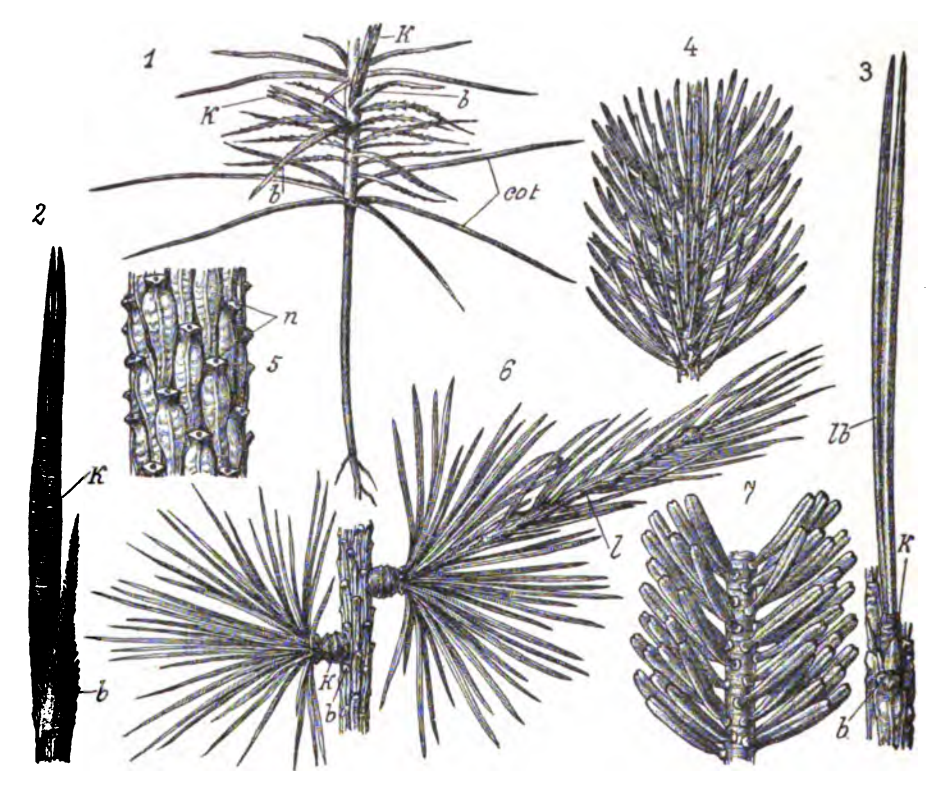



Abb. 10.
Nadelformen und Nadelstellungen bei Abietineen.
1. Keimpflanze von Pinus (insignis) mit den langen Keimnadeln (cot), den kürzeren, am Rande gesägten Erstlingsnadeln (b) und in deren Achseln die ersten Kurztriebe (k). — 2. Junger Kurztrieb (k) von Pinus nigra, in der Achsel eines Niederblattes (b = frühere Knospenschuppe) auftretend, mit dünnen, eine silbergraue Scheide bildenden Niederblättern und 2 langen Nadeln. — 3. Derselbe Kurztrieb im ausgewachsenen Zustand. — 4. Benadeltes Zweiglein von Picea excelsa. — 5. Aelterer Ast von Picea excelsa nach dem Abfallen der Nadeln, mit den vorspringenden Nadelkissen und Blattnarben (n). — 6. Aststück von Larix mit den Blattnarben (b) der abgefallenen, einzeln stehenden Nadeln und 2 Kurztrieben mit Nadelbüscheln: der obere Kurztrieb wächst zum einfach benadelten Langtrieb (l) aus. — 7. Zweiglein von Abies pectinata mit „gekämmten" Nadeln. — Alles in natürl. Größe. — (Aus v. Wettstein, Syst. Bot.)

Die Samenschale der Nadelhölzer ist einfach gebaut und besteht ihrer ganzen Dicke nach aus ziemlich isodiametrischen, polyedrischen Zellen mit stark verdickten, verholzten Membranen mit einfachen Tüpfelkanälen. Dick- und dünnschalige Samenarten unterscheiden sich nur durch die Zahl der Zellschichten.

Mit Ausnahme von Taxus gehören alle unsere Nadelhölzer der Familie Pinaceae an, welche durch den Besitz von Zapfen ausgezeichnet ist und bei uns durch 3 Tribus Abietineae (Taxodieae) und Cupressineae vertreten ist.

### 1. Tribus Abietineae.

Nadeln, Staub- und Fruchtblätter spiralig angeordnet; Fruchtblätter tief 2 teilig (Frucht- und Deckschuppe) Pollen meist mit Flugblasen.

#### Die Fichten (Picea).

§ 31. Die Gattung ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet: Die „Zapfen" stehen an der Spitze vorjähriger Zweige, zur Blütezeit aufrecht, bald nachher hängend. Nach der Samenreife zerfallen sie nicht, sondern bleiben noch lange Zeit an den Zweigen hängen und fallen später

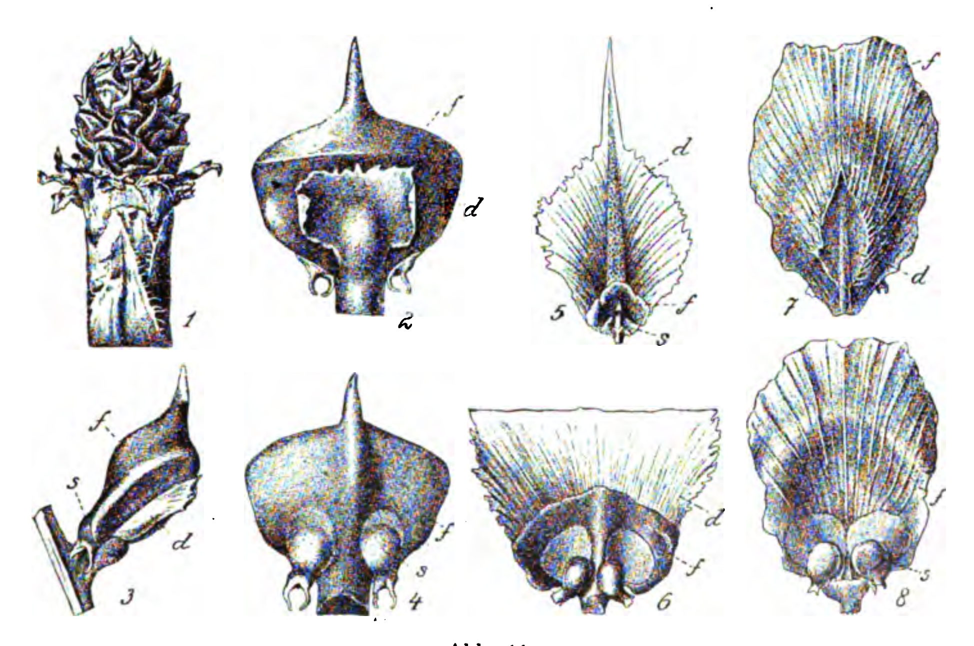



Abb. 11.
Weibliche Blüten der Abietineen.
1.—4. Pinus: 1. Weibliche Blüte, vergrößert, 2. die große „Fruchtschuppe" f mit der kleinen „Deckschuppe" d von außen, 3. von der Seite, 4. von innen mit den beiden Samenknospen s. — 5. und 6. Abies: 5. die große „Deckschuppe" d mit der kleinen „Fruchtschuppe" f, von innen gesehen, 6. untere Partie davon stärker vergrößert, mit den beiden Samenanlagen. — 7. und 8. Picea: 7. die kleine „Deckschuppe" mit der großen „Fruchtschuppe", von außen gesehen, 8. desgl. von innen gesehen, mit den beiden Samenanlagen s, alles vergrößert (nach Hempel und Wilhelm).

als Ganzes ab. Die Fruchtblätter (Abb. 11, Fig. 7, 8) sind flach und fast bis zur Basis gespalten in die außenstehende schmale und kleine „Deckschuppe", welche bis zur Samenreife verkümmert und in die innen stehende, scharfkantige „Fruchtschuppe", die zur Reifezeit lederig ist. Die zahlreichen männlichen Blüten stehen zerstreut an vorjährigen Zweigen, achsel- oder endständig. Die Pollensäcke springen mit Längsspalt auf. Die Pollenkörner besitzen, wie bei den Tannen und Kiefern, seitlich je eine große Flugblase. Die Samenreife ist einjährig. Die Samen sind

klein, geflügelt und lösen sich stets ganz von dem Flügel ab, welcher sie löffelartig deckt. Sämtliche Triebe sind Langtriebe, an denen die mehrjährigen Nadeln einzeln auf Blattkissen stehen, welche aus dem Rindenniveau stark vorspringen und durch scharfe Furchen von einander getrennt sind. Auf dem meist rhombischen Querschnitte zeigen die Nadeln zwei seitliche Harzgänge (beiderseits je einen) (mitunter fehlend). Nach dem Vertrocknen der Zweige fallen sämtliche Nadeln ab und die entnadelten Zweige erscheinen dann durch die spiralig angeordneten, dichtstehenden Blattkissen rauh wie eine grobe Feile (Abb. 10, Fig. 5). Die einjährigen Jahrestriebe tragen in den obersten Blattachseln gehäuft kräftige Knospen („Quirlknospen"), die im nächsten Jahre kräftige „Quirläste" liefern, und außerdem am Jahrestrieb zerstreut in einzelnen Blattachseln schwächere Knospen (Zwischenknospen), welche zu schwächeren Zweigen auswachsen. — Die Fichten sind immergrüne Waldbäume der nördlich gemäßigten Zone der alten wie der neuen Welt, ihr Stamm ist stets einheitlich, ihr Wuchs streng pyramidal, ihr Holz führt stets Harzkanäle und das Kernholz ist stets ungefärbt (Reifholz).

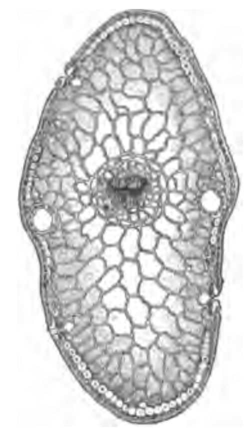


Abb. 12.
Querschnitt einer Nadel der gemeinen Fichte, aus dem unteren Teile der Krone. 30 : 1 (aus Hempel und Wilhelm).

1. Sektion Eupicea: Nadeln 4 kantig, im Querschnitt abgerundet quadratisch oder von oben, seltener von der Seite zusammengedrückt, auf allen Seiten Spaltöffnungen tragend, reife Zapfen abwärts hängend.

1. Pícea excélsa Link, die Fichte oder Rottanne (franz. Epicéa). Junge Triebe kahl oder spärlich kurzhaarig, hell rotgelb—rotbraun, Knospen kegelförmig spitz mit trockenhäutigen, harzlosen Schuppen. Blattkissen aufrecht abstehend, jederseits mit einer kleinen Beule, herablaufender Teil des Blattkissens lineal-parallelrandig. Die sehr vielgestaltigen Nadeln im allgemein n allseits glänzend dunkelgrün, gerade oder etwas gebogen, steif, kurz, stachelspitzig, stechend, 15—25 mm lang, 1 mm breit, dicht spiralig bürstenförmig nach oben, an jungen Zweigen auch allseits schief abstehend, meist seitlich zusammengedrückt, die beiden oberen Flächen flach, die unteren mit je einer Längsrinne. Männliche Blüten vor dem Verstäuben erdbeerfarben, nachher gelb, oft über die ganze Krone zerstreut, weibliche karminrot, in der Regel auf den oberen Teil beschränkt. Zapfen der normalen Formen 10—16 cm lang und 3—4 cm dick, vor der Reife hellgrün, seltener dunkelviolett. Samen 4—5 mm lang, inkl. des 3 mal so langen rotgelben, glänzenden Flügels etwa 16 mm. 1 Kilo entflügelten Samens enthält [1]) 120 000—150 000, im Durchschnitt 135 000 Samenkörner, ein Hektoliter 40—48, im Durchschnitt 44 Kilo. Von den noch mit den Flügeln versehenen Samen gehen 105 000 bis 110 000 auf das Kilo und 14—18, im Durchschnitt 16 Kilo auf das Hektoliter. Bei freiem Stande und unter normalen Verhältnissen pflegt die Fichte frühestens ca. im 30., häufig auch erst im 50., im Bestandesschlusse hingegen gewöhnlich nicht vor dem 60. bis 70. Lebensjahre [1]) Blüten und keim-

1) Diese, wie alle ähnlichen Angaben bei anderen Bäumen nach Hempel und Wilhelm l. c., die Angaben betr. periodischer Lebenserscheinungen und Alter auch nach Willkomm. Forstl. Flora 2. Aufl. Sehr eingehende Schilderung der mitteleuropäischen Nadelhölzer in Band 1, Abt. 1 von Schröter und Kirchner, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, 1906.

fähige Samen zu erzeugen und damit in das Alter der „Mannbarkeit" einzutreten; auf sehr magerem, dürrem, sonnigem Boden können dagegen schon 15 jährige Pflanzen Zapfen tragen, die aber meist keinen keimfähigen Samen enthalten. Mannbare Fichten blühen in der Regel nur in jedem 3. oder 5. Jahr oder in noch längeren Pausen. Die Häufigkeit solcher „Samenjahre" ist in erster Linie durch den Standort bedingt; im Gebirge sind die Samenjahre seltener, etwa alle 7—8 Jahre. Der Beginn der Blütezeit fällt ungefähr mit dem Austreiben der neuen Nadeln zusammen oder auch wohl etwas früher und liegt im allgemeinen zwischen Ende April (im Süden) und Anfang—Mitte Juni (im Norden bzw. in hohen Lagen), am häufigsten im Mai. Der in Samenjahren überaus reichlich gebildete Blütenstaub liegt oft dicht auf Pflanzen, Steinen und Wegen und hat Veranlassung zu der Sage vom „Schwefelregen" gegeben. Die Zapfen, die schon im August ausgewachsen sind, reifen im Oktober, die Samen fliegen aber erst aus, wenn die zunächst noch fest zusammenschließen-

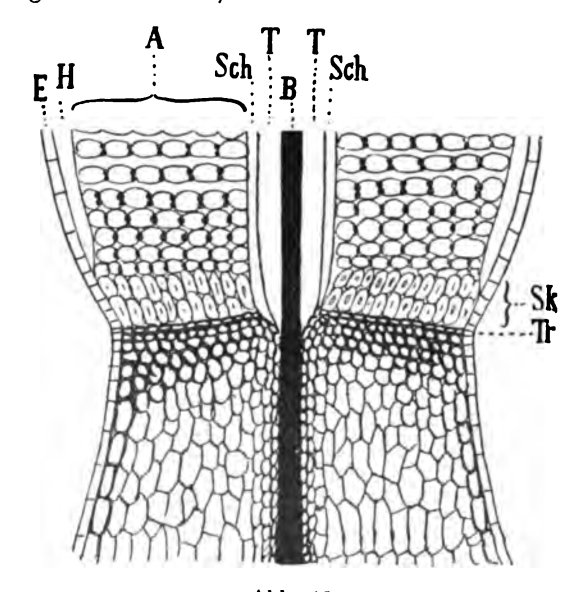



Abb. 13.

Längsschnitt durch die Basis einer Fichtennadel und das Ende des Nadelkissens (schematisiert). B das die Mitte der Nadel durchziehende Gefäßbündel, umgeben von dem Transfusionsgewebe TT und der Bündelscheide SchSch, die beide im Nadelkissen fehlen. Das Nadelkissen wird oben begrenzt von einer Querplatte von kleinzelligen, dickwandigen Sklerenchymzellen (der „Trennungsschicht" T), an die die Nadelbasis mit einer „hyalinen Schicht" hellgefärbter, großzelliger Sklerenchymzellen Sk angrenzt. Die verschieden starke Zusammenziehung dieser beiden scharf gegeneinander abgesetzten Schichten beim Austrocknen bedingt das Abspringen der Nadel. A das in Querreihen geordnete Assimilationsparenchym mit weiten Lufträumen; E Epidermis, H Hypodermis (nach C. Schröter).

den Zapfenschuppen sparrig auseinanderweichen. Gewöhnlich bleiben sie den Winter über geschlossen und öffnen sich erst im nächsten Frühjahr. Die entleerten Zapfen fallen gewöhnlich noch im gleichen Jahre ab. Die Samen keimen, im Frühjahr gesät, 4—5 Wochen nach der Aussaat, die Keimkraft dauert etwa 3—4 (7) Jahre. Das Keimpflänzchen [1]) trägt einen Quirl von meist 8 (5—10) bogig aufwärts gekrümmten Keimnadeln (Kotyledonen), welche 15—17 mm lang werden, und fein zugespitzt, dreikantig, ohne Harzkanäle, an der oberen, dem „Knöspchen" zugewendeten Kante aufrecht sägezähnig sind und sich bis ins 3. Jahr erhalten. Der

1) Diese Angaben außerdem nach von Tubeuf, Samen, Früchte und Keimlinge.

1. Jahrestrieb über den Keimnadeln wird ca. 2—3 cm lang und trägt um ein Drittel kürzere, im Querschnitt stumpf rhombische Primärnadeln mit 2 kleinen Harzgängen in den Seitenkanten, die außen mit Sägezähnchen besetzt sind. Nicht selten unterbleibt die Triebbildung des 1. Jahres gänzlich und das Pflänzchen schließt dann mit einer deutlichen Endknospe oberhalb der Keimnadeln ab. Die Nadeln vom 3. Jahr haben glatte Ränder, vom 4. (gelegentlich auch 3.) Jahre an beginnt die Scheinquirlbildung durch starke am Ende des Jahrestriebs gehäufte Knospen. Am Gipfeltrieb wird die Endknospe von 3—7 Seitenknospen umgeben, welche sich rings um den Zweig verteilen, aber nicht genau in gleicher Höhe entspringen; an Seitenzweigen stehen gewöhnlich nur zwei starke Seitenknospen, eine nach rechts, eine nach links, von der Endknospe in der Regel ungleich entfernt, ebenso stehen hier die Zwischenknospen, so daß sich die Seitenzweige zunächst annähernd in einer Ebene verzweigen. Die Rinde ist hellbraun, zuletzt rotbraun bis rötlichgrau und löst sich in dünnen Schuppen ab, die Borke wird selten stärker als 1 cm. Die Stämme sind schnurgerade und erreichen eine Höhe von 30—(50) m und bis zu 1—(2) m Durchmesser. Die spitz pyramidale Krone reicht bei freiem Stand bis zum Boden und auch im Schlusse behält die Fichte ihre Aeste bis weit herab. Die Bewurzelung ist infolge Mangels einer Pfahlwurzel flach, „tellerförmig" und der Baum infolgedessen der Gefahr des Windwurfes ausgesetzt. Bei günstigen Standorts- und Ernährungsverhältnissen bildet die Fichte im Stangenholzalter jeweils zahlreiche Zwischenknospen am Gipfeltrieb, die sich nicht selten schon im ersten Sommer zu „Nachschossen" entwickeln und bis zu 20 cm Länge erreichen können. Die Periode des raschesten Höhenwuchses (Durchschnitt 0,3 Meter Längenzuwachs) fällt unter normalen Verhältnissen zwischen das 40. und 100. Jahr. Je nach Standort ist der Höhenwuchs mit 70—120 Jahren abgeschlossen. In Kulturwäldern überschreitet die Fichte selten ein Alter von 150 Jahren, während sie im Urwald und vereinzelt in den Alpen mehrhundertjähriges bis 1000(1200) jähriges Alter erreichen kann bei sehr viel langsamerem Holzzuwachs. Die Lebensdauer der Nadeln ist bei der Fichte, wie bei den Koniferen überhaupt, sehr von den Standortsverhältnissen, insbesondere von der Luftfeuchtigkeit und Luftreinheit abhängig; sie beträgt unter günstigen Umständen 5—7 Jahre.

Die Fichte verträgt das Beschneiden gut (in den Alpenländern werden die Fichten mitunter behufs Streugewinnung aufgeschneidelt!) und liefert so vorzügliches Material für lebende Hecken und Zäune, die alljährlich verschnitten werden und später, sich selbst überlassen, noch zu normalen Bäumen auswachsen können.

Das Fichtenholz ist weißlich und in seinem ungefärbten Kerne nur durch den viel geringeren Wassergehalt vom Splintholze verschieden. Mikroskopisch ist es durch seine Markstrahlen charakterisiert, welche zum größeren Teil einreihig, zum kleineren mehrreihig sind; letztere zeigen im Tangentialschnitt einen zentralen Harzgang (seltener 2), welcher, wie alle Harzgänge der Fichte, von ziemlich kleinen und vorwiegend dickwandigen Zellen umgeben ist. Im Radialschnitt zeigen die Markstrahlen eine Zusammensetzung aus tracheidalen Elementen und Parenchymzelien derart, daß die oberen und unteren Zellreihen, mitunter auch eine der mittleren Reihen aus Tracheiden bestehen, welche in der Gestalt den Parenchymzellen gleichen, aber behöft getüpfelt sind und meist durch mehrere Tüpfel mit den angrenzenden Tracheiden kommunizieren, während die meist zahlreicheren Parenchymzellen der Markstrahlen ringsum einfache Punkttüpfel führen. Letzteren entsprechen an den angrenzenden Tracheiden kleine Hoftüpfel mit schiefer, oft über den Rand des Hofes hinausgreifender Spalte. Holzparenchym kommt, außer in der Umgebung

der Harzgänge nicht vor, das Holz ist ausschließlich aus Tracheiden aufgebaut, welche wie bei den andern Nadelhölzern auf den Radialwänden behöft getüpfelt sind. Die Harzgänge des Holzes finden sich vorwiegend im Herbstholze. Feine spiralige Wandverdickungen finden sich nur in den Tracheiden des „Rot-“ und „Zugholzes“.

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte umfaßt die Alpen- und Karpathenländer, das südliche, mittlere und östliche Deutschland, die skandinavische Halbinsel bis zum 69.° und einen großen Teil des europäischen Rußlands mit Finnland und Lappland. Oestlich von Kasan geht sie in die sibirische Fichte (P. obovata Ledeb.) über. Bei keinem Waldbaum ist das Verbreitungsgebiet durch Kultur so über die Grenzen des natürlichen Vorkommens hinaus erweitert. In Spanien, Italien und Griechenland und in Frankreich westlich der Vogesen fehlt die Fichte als einheimischer Baum, ist aber jetzt im Zentralmassiv von Frank-

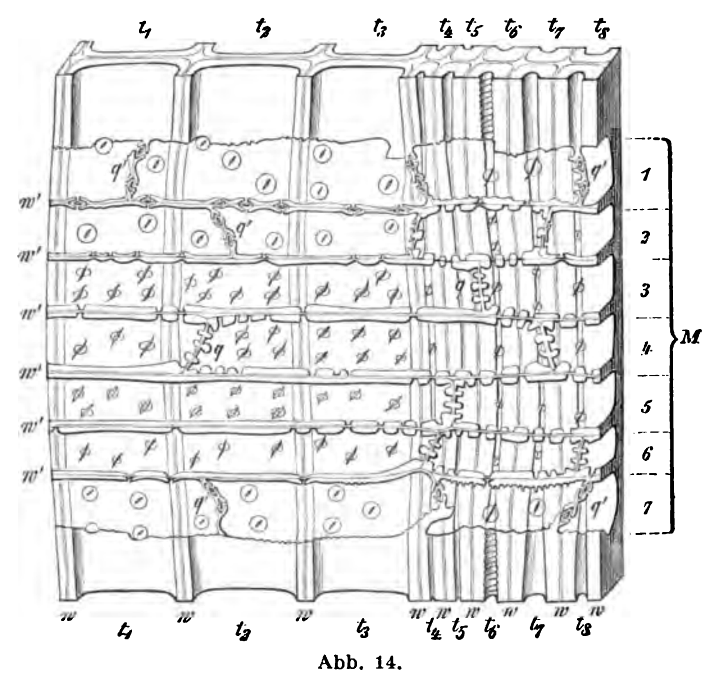



Abb. 14.

Holz von Picea excelsa im radialen Längsschnitt. $t_1$ bis $t_8$ Tracheiden, ww, deren längs durchschnittene tangentiale Längswände; w'w' die durchschnittenen Horizontalwände, q die Querwände der Markstrahlzellen. Der aus 7 Zellreihen bestehende Markstrahl M ist in der obersten (1) und untersten (7) Reihe nur aus quer liegenden Tracheiden mit kleinen Hoftüpfeln aufgebaut. In der Reihe 2 ist zwischen $t_3$ und $t_8$ eine Parenchymzelle zwischen die liegenden Markstrahltracheiden eingeschoben; die Reihen 3—6 bestehen nur aus Parenchymzellen mit einfachen Tüpfeln, denen in der Wand der angrenzenden aufrechten Tracheiden $t_1$ usw. Hoftüpfel mit schief spaltenförmigem Porus entsprechen. — Vergr. 400 (nach K. Wilhelm).

reich und in den Pyrenäen in Millionen von Bäumchen gepflanzt, die bereits anfangen, schöne Wälder zu bilden (Flahault). Auch die britischen und dänischen Inseln, Belgien und die Niederlande, Jütland, sowie der mittlere Teil der norddeutschen Tiefebene fallen außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsbezirks. Die Fichte ist die herrschende Holzart der deutschen Alpen, der schwäbisch-bayrischen Hochebene, des bayrischen und des Böhmer Waldes, des Erzgebirges, der Sudeten, des Fichtelgebirges, Thüringerwaldes und Harzes, sie nimmt starken Anteil an der Bestockung des Schwarzwalds und der Vogesen, bildet zu einem Drittel die Waldungen

Ostpreußens, während sie im übrigen norddeutschen Flachlande und im Rheingebiet ziemlich selten ist.

Die Fichte verlangt zu gutem Gedeihen luftfeuchte Lagen und wegen ihrer flachen Bewurzelung ständig frischen Boden, an dessen Tiefgründigkeit sie keine Ansprüche stellt; hinsichtlich der Standortsgüte ist sie mit Ausnahme der noch genügsameren Kiefer unser anspruchlosestes Nadelholz. Sehr bescheiden ist sie auch in ihren Wärmeansprüchen; darum findet sie im Westen und Süden ihres Verbreitungsgebietes die zusagendsten Standortsverhältnisse im Gebirge, in welchem sie weit höher als Tanne und Buche emporsteigt (Harz bis 1000 m, Riesengebirge bis 1200 m, Schwarzwald bis 1400 m, bayrischer Wald bis 1500 m, nördliche Kalkalpen bis 1700 und 1800 m, Südtirol, Wallis und Engadin bis 2100 m). Sie ist ebenfalls eine ausgesprochene Schattenholzart, wenn ihr Schattenerträgnis auch nicht so groß ist, wie dasjenige der Tanne.

Die aus Hochgebirgssamen erzogenen jungen Fichten [1]) leiden in Hochlagen bedeutend weniger von Früh frösten als die Tieflandsfichten, sind der Gefahr der Zerstörung des Chlorophylls durch starke Besonnung weniger ausgesetzt als diese und halten Schneedruck besser aus; dagegen wintern die kleinen Hochgebirgs-Sämlinge (im Tiefland) leichter aus. Gegen Spätfröste sind beide Fichtenrassen gleich empfindlich. Hochgebirgssamen gibt in Tieflandspflanzschulen brauchbares Material für Gebirgskulturen, aus Tieflandsamen aber erwachsen höchstens von mittelhohen Lagen an Pflänzchen, die zu Aufforstungen im Hochgebirge geeignet sind.

§ 32. Kein anderes Nadelholz variiert so stark wie die Fichte, besonders reichlich in nordischen Ländern (Skandinavien, Finnland) und in der Schweiz. Schon der Kronenbau unserer gewöhnlichen Waldbäume rechtfertigt den alten Försterspruch: „Jede Fichte hat ein ander Gesichte." Sylvén unterscheidet in seinen „Studien über den Formenreichtum der Fichte" (Heft 6 der Forstl. Versuchsanstalt Schwedens 1900) fünf Verzweigungstypen auf Grund nordischen Materials, die in typischer Form wenigstens im mittleren Teil der Krone leicht auseinander zu halten, sonst aber durch eine Menge Zwischenformen miteinander verbunden sind: 1. reiner Kammtypus (Hängefichte) mit horizontalen Zweigen erster Ordnung und gerade abwärts hängenden, ziemlich gleich langen Zweigen zweiter oder höherer Ordnung, die sparsam und kurz verzweigt sind. 2. unregelmäßiger Kammtypus mit unregelmäßig abwärts hängenden, ungleich langen, kürzeren, aber etwas reicher verzweigten Kammzweigen. 3. Bandtypus, Aeste erster Ordnung mit einigen dicken Seitenzweigen horizontal, alle ziemlich dicht und kurz in annähernd horizontalen Ebenen verzweigt. 4. Plattentypus, dem vorigen ähnlich, aber die horizontalen Aeste ziemlich grob und unregelmäßig verzweigt, mit horizontal oft ganz weit ausgebreiteten Seitenzweigen, 5. Bürstentypus, dem vorigen in der Grundform ähnlich, die Aeste erster Ordnung und ihre stärkeren Verzweigungen horizontal, aber im Gegensatz zu vorigem mit dichten kleinen Zweigen und diese mit kleineren, an den Seiten abwärts hängenden Zweiglein bürstenähnlich besetzt. Diese Einteilung paßt auch für die mitteleuropäischen Fichten. Ueber die Vielgestaltigkeit der Fichte existiert eine reiche Literatur [2]). Nach dem

1) A. Engler, Einfluß der Provenienz des Samens usw. (VIII. Band 2. Heft d. Schweiz. Zentralanst. f. forstl. Vers. 1905).

2) Schröter, Die Vielgestaltigkeit der Fichte (Vierteljahrsschr. der naturforsch. Ges. Zürich, 1898, 130 p. mit 37 Abbildungen). Die Variation der Fichte ist hier nach Schröter und eigenen Untersuchungen (Bemerkensw. Bäume Badens) geschildert.



Zapfenbau unterscheidet Schröter a) vier Abarten (Subspezies oder Varietäten) der Fichte, „werdende Arten, welche durch mehrere erbliche Merkmale von den anderen Individuen derselben Art verschieden sind, in größerer Zahl in zusammenhängender Verbreitung auftreten und mit den anderen Abarten derselben Art durch nicht hybride Uebergänge verbunden sind", b) nach Abnormitäten des Wuchses, der Rinde, der Nadeln (und der Zapfen), eine größere Anzahl zum Teil kurzlebiger Spielarten (lusus), „die aus der Gesamtheit derjenigen Individuen bestehen, welche durch erbliche Merkmale von den übrigen derselben Art abweichen, nur in kleiner Individuenzahl vereinzelt (?) und an weit getrennten Orten unter den „normalen "auftreten und meist nicht durch Uebergänge mit denselben verbunden sind"; sie verdanken ihre Entstehung einer sprungweise einsetzenden Variation bei der Aussaat (Samenvariation) oder an einer Knospe (Knospenvariation); daher ihr von der typischen Art oft so auffallend verschiedenes Aussehen, ihre geringe Individuenzahl, ihr isoliertes Vorkommen und ihre durch starke Rückkreuzung geringe Vererbbarkeit; sicher d. h. unverändert lassen sie sich in praxi im allgemeinen nur durch Pfropfen usw. vermehren. Diese sprungweisen Variationen oder Mutationen sind oft von Fall zu Fall mehr oder weniger verschieden, was leicht erklärlich ist, wenn wir diese Spielarten nach meinem Vorschlage als Variationsrichtungen auffassen, die mit der Normalform oft durch eine ganze Reihe von Zwischenstufen verbunden sind. Als typische Formen einer solchen Spielart bezeichne ich diejenigen, welche eigentlich die extremsten, meist mehr oder weniger seltenen[1]) Grenzformen einer bestimmten Variationsrichtung sind. Je stärker solche Grenzformen von der Normalgestalt der Fichte abweichen, desto auffallender sind sie und desto mehr fallen natürlich auch alle gelegentlich auftretenden Zwischenstufen als solche auf. Alle Merkmale wie Verzweigung, Wuchsrichtung der Zweige, Länge der Zweige, sowie die Merkmale von Nadel, Rinde und Zapfen können für sich variieren. Die verschiedenen Variationsrichtungen können natürlich auch in mannigfacher Weise miteinander kombiniert auftreten. Auch hierfür besondere Lusus-Namen aufzustellen, halte ich für durchaus unerwünscht, sowohl im Interesse der Uebersichtlichkeit der Einteilung, wie einer sich nicht ins Uferlose verlierenden Nomenklatur. Die Richtigkeit dieser Auffassung wird mir namentlich durch den höchstinteressanten Schlangenfichtenbestand von Hornberga in Dalekarlien bestätigt, der 243 Bäume verschiedenen Alters umfaßt, von denen keiner dem andern völlig ähnlich ist (Mitt. d. Schwed. Forstl. Versuchsanst. Heft 5. 1908), c) endlich werden noch 14 verschiedene Wuchs- und Standortsformen aufgeführt, nicht erbliche, individuelle Abänderungen, die durch bekannte, äußere Einflüsse hervorgerufen werden.

a) Varietäten:

a) 1. Picea excélsa Link var. obováta Ledeb. Sibirische Fichte. Früher für eine eigene Art gehalten, aber mit der gewöhnlichen Fichte durch allmähliche Uebergänge, die man als var. fennica Regel zusammenfassen kann, verbunden. Junge Triebe kahl oder schwach behaart. Nadeln meist stechend spitzig. Zapfen nur 4—7,5 cm lang mit breit eiförmigen oder fast herzförmigen Zapfenschuppen, die weich und biegsam, deren oberer, unbedeckter

1) Für Mitteilung neu im Walde aufgefundener Individuen solcher Spielarten, wenn möglich mit Photographie, werde ich stets dankbar sein.

Teil stets gewölbt und deren Vorderrand stets ganz ist. —Von Nordostskandinavien durch das nördliche Rußland und ganz Nordasien exkl. Japan verbreitet, überwiegt sie an Massenentfaltung alle anderen Arten weitaus.

a) 2. Pícea excélsa var. fénnica Regel. Finnische Fichte. Zapfen größer als bei voriger, im Ural 5 bis 9, in den Alpen bis 13, in der Ebene bis 19 cm lang. Schuppen verkehrt eiförmig, vorn mehr oder weniger abgerundet, aber

Abb. 15.
Hängefichte vom Glaserbrückle bei Villingen. L. Klein phot. (Eine vorzügliche Abbildung einer 26 m hohen Hängefichte vom Weidfeld Les Trotzés bei Greyerz im Kanton Freiburg ist im Maiheft der Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1912.)

stets fein gezähnelt; oberer, unbedeckter Teil der Schuppe flach oder gewölbt. Diese Var. kommt in zwei Subvarietäten: a) medióxima Nylander mit grünen und b) alpéstris Brügger mit durch Ausscheidung von Wachskörnchen stark



bereiften, dicken Nadeln und hellgrauer Rinde vor. — In Asien vereinzelt, in Europa häufig in Rußland und Skandinavien, zerstreut in Deutschland und der Schweiz.

a) 3. Picea excélsa var. europaéa Teplouchoff, die (typische) europäische Fichte, umfaßt das Gros der mitteleuropäischen Fichten der Ebene und der Bergregion. Die Zapfenschuppen sind rhombisch, von der Mitte oder dem oberen Drittel an verschmälert, am Ende abgestumpft, ausgerandet oder



Abb. 16.
Verzweigung der Pyramidenfichte vom Bärental i. Schwarzwald. — L. Klein phot. (Eine sehr bizarre Steilfichte von Mürren zeigt Fig. 17 auf Taf. 5 meiner „Physiognomie mitteleurop. Waldbäume".)

gezähnelt, aber nicht plötzlich in eine Spitze wellig vorgezogen. Auch hier zwei Subvarietäten: a) typica mit dunkelgrünen, b) coerulea mit stark bereiften Nadeln.

a) 4. Picea excélsa var. acumináta Beck v. Man. Dornfichte. Zapfenschuppen in eine lange, ausgerandete, aufgebogene Spitze plötzlich wellig verschmälert. — Häufig in Preußen, sonst selten.

### b) Spielarten.

Bei der typischen Gestalt der Fichte stehen die Seitenäste erster Ordnung im oberen Teil des Baumes schief nach oben, im mittleren horizontal, im unteren mehr oder weniger schief abwärts, die Seitenäste zweiter Ordnung anfangs horizontal, später schief abwärts, zuletzt hängen sie, meist reichlich verzweigt, senkrecht abwärts. Durch eine auffallende Steigerung eines einzelnen dieser Merkmale entstehen die Spielarten 1—3.

b) 1. Lusus viminális Caspari, erweitert. Hängefichten. Die Aeste erster Ordnung normal und annähernd wagrecht, die zweiter Ordnung zahlreich, sehr lang (3—6 m), dünn, nur spärlich verzweigt und peitschenschnurartig schlaff herabhängend. Die typische Hängefichte ist bei uns wie überall sehr selten, am häufigsten scheint sie noch in Skandinavien aufzutreten — während Formen mit zwar schlaff hängenden, aber kürzeren und reichlich verzweigten Aesten zweiter Ordnung in den deutschen Mittelgebirgen wie in den Alpen stellenweise sehr häufig neben den normalen Bäumen zu finden sind und „Zottelfichten", auch „Schindeltannen" genannt werden; sie sind als Zwischenformen aufzufassen, da es unmöglich scheint, eine scharfe Grenze zwischen den Zottelfichten und der echten Hängefichte zu ziehen. (Vorzügl. Abb. der Zottelfichte im Juli/Aug.-Heft 1912 der Schweiz. Zeitschr. f. Forstw., dort als Fichte mit vollkommener Baumform bez.)

b) 2. Lusus péndula Jacques et Hérincq, erweitert. Trauerfichten. Die Aeste erster Ordnung hängen von Anfang an nebst ihren Verzweigungen mehr oder weniger schlaff abwärts, ähnlich den Trauerformen unserer Laubholzbäume. Die Aeste erster Ordnung können dabei ihre normale Stärke und Länge aufweisen und sich, von der Wuchsrichtung abgesehen, auch normal verzweigen; dann tragen die Bäume eine schlank-pyramidenförmige Krone: typische Trauerfichte (sehr selten) (vgl. die entsprechende Abbildung der Trauertanne) oder die Aeste erster Ordnung können auffallend dünn, kurz und spärlich verzweigt sein und dem Stamm mehr oder weniger anliegen bei säulenförmiger Kronenform oder endlich, die Aeste erster Ordnung sind kurz, aber auffallend reich und nach allen Seiten dichtbuschig verzweigt, was wohl zumeist als Kombination der Trauer- und Hexenbesenform zu deuten ist. Bei der typischen Trauerform müssen auch die jungen Seitenäste schon ausgesprochen abwärts geneigt sein; reicht die hängende Form der Aeste zwar über die halbe Baumhöhe hinaus, sind aber die jüngsten Aeste horizontal ausgebreitet, dann deutet man derartige Formen, die viel häufiger sind als der sehr seltene Typus, wohl am richtigsten als dichotype Trauerfichten.

b) 3. Lusus erécta Schröter, erweitert, Steilfichte, Pyramidenfichte. Die Aeste erster Ordnung wenden sich vom Grunde an bogenförmig oder spitzwinkelig wie bei der Pyramidenpappel steil nach oben; sehr selten. Hierher gehören als Uebergangsformen diejenigen Kandelaberfichten, deren Hauptstamm völlig unverletzt ist, wenigstens zum Teil. Sie unterscheiden sich von dem ziemlich vielgestaltigen Typus, bei dem alle oder doch die meisten Aeste erster Ordnung aufgerichtet sind, dadurch, daß sich hier nur vereinzelte Aeste aufrichten und diese besonders stark werden. — Das Lusus cupréssina Thomas [1]), am Friedhof von Tambach im Thüringer Wald, eine im Walde

1) Mitt. d. D. dendrol. Ges. 1907 S. 252 mit Abb.



entstandene Fichte von ca. 17 m Höhe, mit eiförmig abgewölbter, zypressenähnlicher Krone halte ich nur für einen bemerkenswerten Spezialfall des L. erecta; desgl. die ähnliche Zypressenfichte von Gößlingen (Feucht, Schwäbisches Baumbuch S. 10); sämtliche langen Aeste und Zweige gehen unter mehr oder weniger spitzen Winkeln nach oben ab. — Die von Pillichody bei Entre deux monts im Neuenburger Jura gefundene große „Garbenfichte" von sehr auffälligem Bau der eiförmigen Krone ist ebenfalls im wesentlichen eine, allerdings sehr eigenartige erecta-

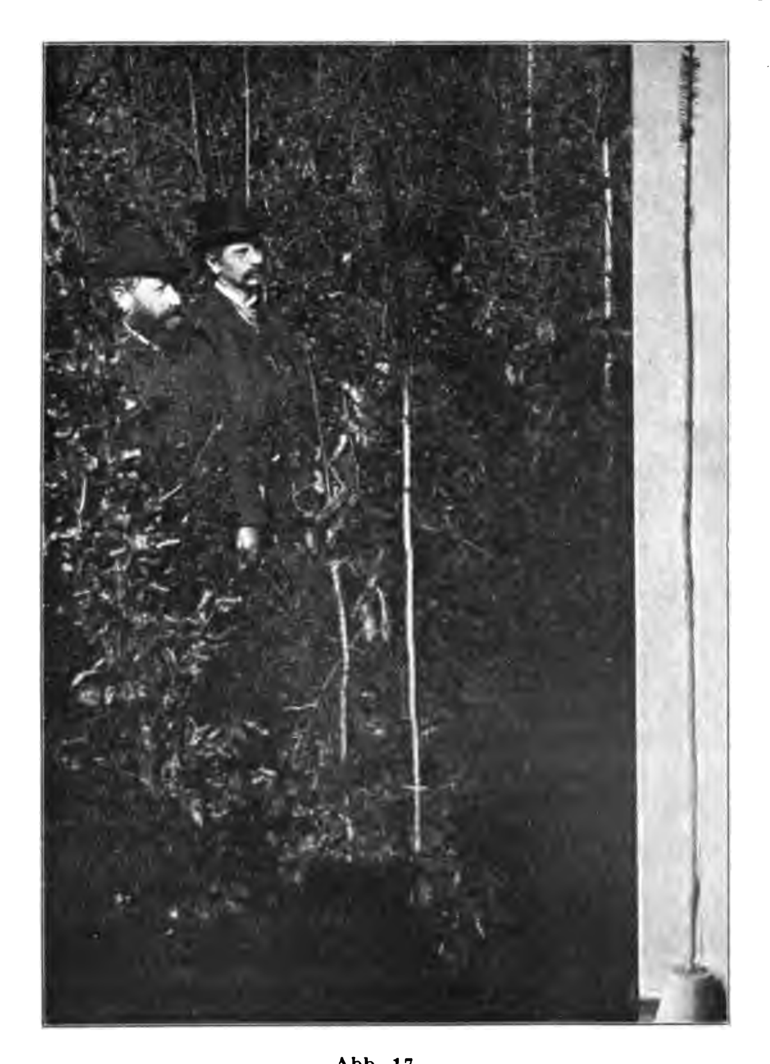


Abb. 17.
Astlose Fichte von Randegg bei Radolfzell (links). Astlose Fichte von Langensteinbach bei Karlsruhe (rechts). — L. Klein phot.

Form mit starken Anklängen an Lusus ramósa. (Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1908, mit 2 Abb.). Die sehr reichastige Krone, deren Hauptäste fast vom Boden an garben- oder raketenförmig aufstreben und so alle an der Bildung des Gipfels teilnehmen, besitzt zweierlei Zweige: zahlreiche normale, dünne, die horizontal abstehen und ebenfalls sehr zahlreiche, die durch die vielfache

wiederholt gabelige Verzweigung der Aeste entstehen, die im spitzen Winkel von den Hauptästen abgehen und ihnen gleichwertige Gabeläste bilden.

Durch Knospenverkümmerung entstehen die oligokladen Formen:

b) 4. Lusus virgáta Caspari. Schlangenfichten (Rutenfichten). (Abbildung vgl. Schlangen tanne). In Deutschland selten, etwas häufiger in Böhmen und in der Schweiz; horst- und bestandbildend stellenweise in Schweden[1]) (besonders Orsa in Dalekarlien) auf Weidefeldern oder in sehr lückigen Wäldern. Uebergänge zur Normalform wie zur Hängefichte, Trauerfichte, Vertikalfichte und astlosen Fichte bekannt. Die Aeste erster Ordnung, dieser sehr vielgestaltigen Spielart im wesentlichen normal gestellt, sind unverzweigt oder sie haben zunächst nur eine spärliche oder eine sehr kurz bleibende Verzweigung, bleiben schlangenartig dünn und hängen später mehr oder weniger schief abwärts. Infolge ihrer ungünstigen Assimilationsverhältnisse bleibt die Schlangenfichte früher oder später hinter den normalen Bäumen im Wuchse zurück und erreicht nur ausnahmsweise ein höheres Alter. Mit vorschreitendem Alter tritt übrigens an den älteren Aesten der meisten Schlangenfichten eine mehr oder weniger starke Verzweigung durch meist kurz bleibende Seitenäste zweiter und höherer Ordnung ein, die den Schlangencharakter einigermaßen verwischt (regressive Metamorphose meiner Auffassung im Gegensatze zu der progressiven, bei der die jüngeren Quirläste absolut unverzweigt bleiben und an deren Gipfel zuletzt überhaupt keine Seitenzweige mehr gebildet werden).

b) 5. Lusus monstrósa Loudon. Astlose Fichten (monocaúlis Nördlinger). Maximum der Knospenverkümmerung; die ganze Pflanze stellt einen völlig astlosen Spieß dar mit verdickten Stellen an der Grenze der Jahrestriebe. Nadeln bis 34 mm und sehr lange bleibend. Nur einigemal gefunden; etwas häufiger mit b 4 kombiniert. — (Abb. 17.)

Trotz ihrer für den Kampf ums Dasein sehr unvorteilhaften Organisation können die astlosen Fichten bei geeigneter Pflege relativ beträchtliche Größe usw. erreichen. Das älteste bekannte Exemplar, auf Isola bella im Lago maggiore, hat — bei sorgsamer Pflege — jetzt ein Alter von ca. 70 Jahren und eine Höhe von über 9 Metern erlangt, mit Jahrestrieben von ca. 30 cm Länge in den letzten Jahren und einem Stammumfang von 6 cm. Die Lebensdauer der Nadeln beträgt bei dieser unnatürlichen Form 9—10 Jahre.

Durch Knospenvermehrung entstehen die polykladen Formen:

b) 6. Lusus globósa. Berg. Kugelfichten, eine Spezialform der Hexenbesen-Fichten. Die Hexenbesen der Fichte habe ich mit Schröter schon in der letzten Auflage der Forstbotanik (1903) als Knospenvariation aufgefaßt, im Gegensatz zu den von parasitischen Pilzen hervorgerufenen Hexenbesen der Tanne und der meisten Laubhölzer, da ich verschiedentlich solche Bildungen mit reicher Zapfentracht gefunden hatte. v. Tubeuf hat den Be-

1) Hesselmann, Ueber horstbildende Schlangenfichten (skogsvardsföreningens Tidskrift 1908). — Lusus glomérulans Kihlmann, eine von K. mehrfach in Finnland gefundene, „zwischen der typ. Fichte und Schlangenfichte" stehende Form, deren Aeste erster Ordnung sich zwar recht reichlich verzweigen, während die Zweige sich kaum entwickeln und kleine Knäuel den Aesten entlang bilden, habe ich auch in Baden gefunden (Klein IV, Taf. 21, dort als Schlangenfichte mit zedernähnlicher Krone bezeichnet). Ich halte dies für Zwischenformen zwischen L. virgáta und II. L. squarrósa, die je nach Spezialfall zu der einen oder der andern dieser beiden Spielarten zu ziehen sind.



weis für die Richtigkeit dieser Auffassung erbracht und aus dem Samen solcher Fichten z. Teil junge Hexenbesenfichten erhalten. Der Hexenbesen der Fichte steht meines Erachtens in engster Beziehung zu denjenigen Zwergfichten, die einer Samenvariation ihre Entstehung verdanken. Dort ist eine Z w e i g knospe, hier die



Abb. 18.
Hexenbesen auf einem Fichtenast (von der Seite).
L. Klein phot.

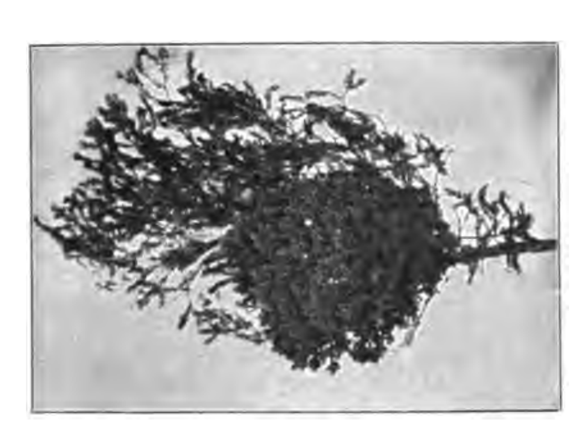


Abb. 19.
Hexenbesen auf einem Fichtenast, von o b e n gesehen.
L. Klein phot.



Abb. 20.
„K u g e l f i c h t e" von Hundsbach im bad. Schwarzwalde. ca. 30 m hoher Baum mit kugelförmigem Gipfelhexenbesen von ca. 3 m Durchmesser. L. Klein phot.

Weitere Abbildungen siehe Graf B e r g, Einige Spielarten der Fichte, Taf. 8. — F e u c h t in „Vegetationsbilder". 9. Reihe, Taf. 46. — Forstbot. Merkbuch für Hannover, Taf. 30.

K e i m k n o s p e des Samens mit neuen Eigenschaften ausgerüstet, die bei weiterer Verzweigung festgehalten werden; sie ist „heterogenetisch umgestimmt". Die a u f f a l l e n d e A e h n l i c h k e i t e i n z e l n e r Z w e r g f i c h t e n m i t g e-

wissen Formen des Fichtenhexenbesens ist dann ohne weiteres verständlich. Beiderlei Bildungen, als echte Mutationen, zeichnen sich durch ungemein große Mannigfaltigkeit der äußeren Erscheinung aus, bedingt durch die mehr oder weniger reichliche Verzweigung, die Länge und Dicke der einzelnen Triebe, die Größe, Gestalt und Stellung der Nadeln und endlich durch die Gesamtform und Größe. Gemeinsam ist stets die auffallende Verkürzung der Triebe, im Extrem bis zu korallenähnlichem Wuchse führend, ihre sehr reichliche Verzweigung, sowie die abnorme Wuchsrichtung der Zweige; sehr häufig sind bereits die einjährigen Triebe viel derber, als bei der normalen Fichte. Bildet die ganze Gipfelregion eines sonst normal gewachsenen Baumes einen gewaltigen Hexenbesen von annähernder Kugelgestalt, dann haben wir die eigentliche Kugelfichte, von der schon eine ziemlich beträchtliche Anzahl gefunden und abgebildet wurden. Im extremsten Fall ist die ganze Krone in einen riesigen Hexenbesen umgewandelt,



Abb. 21.
Kugel-Zwergfichte von Meßkirch. Höhe 38 cm. Durchm. 29 cm. L. Klein phot.

wie bei der von v. Tubeuf in der Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1905 S. 259 abgebildeten 13,5 m hohen Fichte, deren Stamm bis zur 6 m langen Krone astfrei ist.

Die gleiche Erscheinung in stammloser Ausgabe haben wir in der 1 m 40 hohen Zwergfichte von Vaulion im Wadtländter Jura, am Waldrande stehend, die in der Abnormität der breit kegelförmigen Krone mit dem Gipfel einer in der Nähe wachsenden Kugelfichte übereinstimmt, die einen jährlichen Höhenzuwachs von nur 1 cm, einen Stammdurchmesser an der Basis von nur 7 cm und das hohe Alter von ca. 150 Jahren besitzt. (Schweizerische Zeitschr. f. Forstw. 1909, mit Abb.)

Auch die 13 m hohe Pyramidenfichte von St. Eustache in Savoyen, die Schröter als pyramidáta Carriere in den Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 1903 beschreibt, mit kegelförmiger, 2 m über dem Boden beginnender, 10 m breiter, dicht und kurz verzweigter Krone halte ich für einen riesigen Hexenbesen, von allerdings eigenartiger Gestalt.

b) 7. Lusus nána Carrière (erweitert), Zwergfichten, umfaßt die zahllosen Formen zwergiger Fichten unserer Gärten und die wenigen aus



Abb. 22.
Leiche einer alten „Kriechfichte“ vom Waldstein bei Haslach, die charakteristische Verzweigung des Stammes zeigend. L. Klein phot.



Abb. 23.
Jüngere, lebende, mittelgroße Kriechfichte mit noch aufrechtem Hauptstamm, vom Waldstein bei Haslach. — L. Klein phot.

dem Freien. Allen gemeinsam ist die Kürze der Triebe, die reiche, dicht stehende Verzweigung und die kurzen, im übrigen sehr variablen Nadeln.

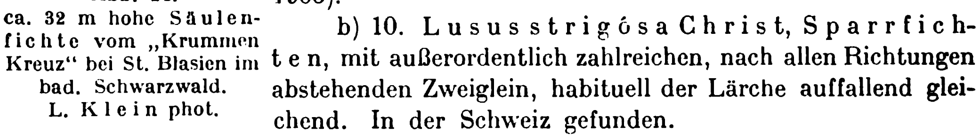
Die Spielart zeigt alle Uebergänge vom Kriechwuchs bis zum Kegel und der Kugel. Diese Formen wiederholen auf ganz spontanem Wege in ganz auffallender Weise die Gestalten der Polster- und Mattenfichte von der Baumgrenze, die Verbißformen und namentlich die Hexenbesen verschiedener Art. Eine Hauptachse ist bald deutlich vorhanden, bald stellt sie ihr Wachstum sehr frühe ein.



Abb. 24.
ca. 32 m hohe Säulenfichte vom „Krummen Kreuz" bei St. Blasien im bad. Schwarzwald.
L. Klein phot.

b) 8. Lusus ramósa Pillichody, die stammlosen Fichten, vielleicht nur eine sehr auffällige Spezialform der Zwergfichte, bis jetzt nur einmal im Neuenburger Jura von P. gefunden (Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1903 mit Abb.). Die Spielart bildet ein Gegenstück zur astlosen Fichte; ohne erkennbare, vorausgegangene Verstümmelung teilt sich die Pflanze gleich vom Wurzelhalse an in eine sehr große Anzahl verschieden starker Aeste und Aestchen, die einen trichterförmigen Busch von etwa 60 cm Höhe bilden. Die Nadeln sind lang und dünn.

b) 9. Lusus prostráta L. Klein, die Kriechfichten, bis jetzt nur in einer Anzahl Exemplare vom Waldstein, einer wilden Felsrassel bei Haslach im bad. Schwarzwald bekannt. Der Stammgipfel stirbt frühzeitig in einer Höhe von 1—1 ½ m über dem Boden ab und von dem oberen Ende des kurzen Stumpfes wachsen nach allen Seiten zahlreiche, reich sich verzweigende, außerordentlich lange (bis 6 u. 7 m), aber ziemlich dünn bleibende Aeste, die nirgends in der Geröllhalde Wurzel schlagen und die Oberfläche der Steine mit einem förmlichen Teppich benadelter Fichtenzweige bedecken, beim stärksten Exemplar ca. 100 qm! Näheres hierüber in meinem Buche, Bemerkensw. Bäume Badens S. 262 ff., wo ich diese Bildung zu den Wuchsformen gestellt habe. Die ganz ungewöhnliche Zahl der Seitenäste (vgl. Abb. 22), die dicht beisammen vom Stamm entspringen, die ganz ungewöhnliche Länge dieser Aeste und der Umstand, daß an zahlreichen ähnlichen Standorten des Schwarzwaldes nirgends etwas derartiges auch nur annähernd zu finden ist, bestimmt mich, diese Gebilde lieber zu den Spielarten zu stellen. Das bisher nur in wenigen Exemplaren in Schweden gefundene Lusus tabulaefórmis, die tischförmige Fichte, mit ca. 30—40 cm hohem Stamm, der sich oben in dichte, horizontal abstehende Aeste von bis 150 cm Länge teilt, scheint eine den Kriechfichten ähnliche Zwergform zu sein (Mitt. d. forstl. V. Schwedens, Heft 3, 1906).



b) 10. Lusus strigósa Christ, Sparrfichten, mit außerordentlich zahlreichen, nach allen Richtungen abstehenden Zweiglein, habituell der Lärche auffallend gleichend. In der Schweiz gefunden.

Durch schwaches und frühzeitig zum Stillstand kommendes Längenwachstum der Aeste erster Ordnung entsteht:



b) 11. Lusus columnáris Carrière, sehr erweitert. Säulenfichten. Krone von ausgesprochener Säulenform, also von mehr oder weniger schmal zylindrischer Gestalt (Abb. 24), ziemlich selten, am häufigsten in der Schweiz gefunden. An den kurzen, steifen, horizontalen oder wenig abwärts gebogenen Aesten erster Ordnung sitzen reichlich verzweigte dichte Büsche aus kurzen Trieben, wie in der abgebildeten Form, oder die Grundform des Kronenaufbaues gehört mehr dem Hänge-, Trauer- oder erecta-Typus wie bei den 4 Con-



Abb. 25.
Stamm der Hänge-Zizenfichte vom Erdbeerhag bei Villingen. — L. Klein phot.

wentz'schen „Trauerfichten", die als Fig. 6—9 bei Schröter reproduziert sind, oder auch selbst der Normalform mit etwas hängenden Aesten (Klein IV. Taf. 26 u. 27) an. Der Formenkreis ist somit streng genommen kein einheitlicher, aber die äußere Erscheinung all dieser Bäume ist bei aller Mannigfaltigkeit doch eine so charakeristische und so auffallend von allen andern Spielarten verschiedene, daß mir doch ein gemeinsamer Name dafür wünschenswert erschien; für weitere

Unterscheidungen kann man ja die Namen: Trauer-Säulenfichte, Pyramiden-Säulenfichte, Hexenbesen-Säulenfichte usw. wählen; bei dem S. 368 abgebildeten Baum setzt sich die Krone eigentlich aus lauter kleinen, hängenden Hexenbesen zusammen, (ist also da eigentlich ein Spezialfall der Hexenbesenfichte). Ist der untere Teil der Krone normal gestaltet, was seltener der Fall ist, dann haben wir die dichotype Säulenfichte, wie sie Schröter (l. c. Fig. 19 u. 21) abbildet und wie auch ich sie in Baden (Klein IV, Abb. 25) gefunden habe.

Durch den eigenartigen Bau der Astbasis ist charakterisiert:

b) 12. Lusus mamillósa L. Klein, die Zizenfichten. Lokal gesteigertes Holzwachstum an der Basis vieler Aeste ersten Grades ist das Kennzeichen dieser Spielart; die Astbasis bildet infolgedessen kegel- oder zizenähnliche Anschwellungen bis zu ca. 35 cm Durchmesser und 40 und 50 cm Länge. An alten Weid- und Kandelaberfichten ist diese Erscheinung nicht allzu selten.



Abb. 26.
Knollen-Fichte beim Notschrei im bad. Schwarzwald. L. Klein phot.



Abb. 27.
Kropf-Fichte mit zwei großen Holzkröpfen am Stamm. L. Klein phot.

Durch den Bau der Rinde unterscheiden sich:

b) 13. Lusus corticáta Schröter. Dickrindige Fichten. Lärchenfichten. Rinde bis 9 cm dick, längsrissig, lärchen- oder kiefernähnlich, aber mit dem mikroskopischen Bau der Fichtenrinde. In Oesterreich und Deutschland einigemal gefunden, in der Schweiz über 20 Bäume.

b) 14. Lusus tuberculáta Schröter. Warzenfichten. Stamm wenigstens im unteren Teil mit kegel- oder zizenförmigen Korkwucherungen bedeckt, die bis 3 cm Höhe erreichen, am Grunde 4 bis 5, ausnahmsweise bis 10 cm breit sind und aus abwechselnden Schichten von Schwammkork und Phelloid zusammengesetzt sind. Sehr selten; zweimal in Oesterreich, einmal in Bayern und Braunschweig gefunden, häufiger in der Schweiz, über 20 Bäume.

An die Spielarten 12 und 14 schließen sich als Spielarten recht zweifelhafter Natur zwei den genannten einigermaßen ähnliche Bildungen an, die deswegen einstweilen hier stehen mögen, bis ihr vermutlich pathologischer Charakter sicher erwiesen ist.

b) 15. Lusus (oder forma) verrucósa L. Klein, die Knollenfichten, Abb. 26, mit grindartigen Rindenwucherungen von mehr rundlicher Gestalt, meist gruppen- oder nesterweise beisammen stehend und meist von mehr oder weniger starkem Harzfluß begleitet. Diese Knollen sind nicht durch eine gesteigerte Korkwucherung wie die Warzen der L. tuberculata hervorgerufen, sondern höchst wahrscheinlich pilzparasitäre Mißbildungen, ähnlich wie die Nectria-Krebsknoten der Rotbuche. Die Knollenfichte kenne ich in zahlreichen, oft gesellig beisammenstehenden Exemplaren aus dem Schauinslandgebiet des Schwarzwaldes, in dem auch sonst da und dort einige gefunden wurden. (Näheres in meinen Bemerkensw. Bäumen Badens, S. 233 ff.)

b) 16. Lusus (oder forma) strumósa L. Klein, die Kropffichten mit oft gewaltigen, nicht aufreißenden, bald einzeln stehenden, bald mehr oder weniger gehäuften, mitunter um den ganzen Stamm herumgehenden, durch lokal gesteigertes Wachstum gebildeten Holzwucherungen des Stammes. Im höheren Gebirge, namentlich auf frischem bis feuchtem Boden nicht gerade selten und stellenweise gesellig auftretend. (Abb. 27.)

Nach der Größe der Nadeln unterscheiden sich:

b) 17. Lusus brevifólia Cripps (wahrscheinlich stets kombiniert mit lusus nana Carr.) Nadeln nur 2—5,5 mm lang. Niedrige Büsche von 90 cm bis 1,80 m. Schweden, Finnland, Baden. (Hierher gehört die Abbildung S. 95 meiner Bäume Badens.)

c) 18. Lusus nígra Loudon. Nadelkissen dicht behaart, Nadeln derb, dunkelgrün, bis 18 mm lang und 1,5 mm dick, im Querschnitt fast quadratisch, mit säbelförmiger Krümmung und stumpfem Ende. Zweige auf der Oberseite bürstenförmig benadelt, Rinde rot. — Angeblich in Norwegen häufig, Erz- und Riesengebirge, wohl auch anderwärts; wahrscheinlich nur eine üppige Form der gewöhnlichen Fichte. Die „Doppeltannen" des Berliner Weihnachtsmarktes, die früher hierher gestellt wurden, sind nach v. Tubeuf nichts anderes als die Gipfel älterer Fichten!

Durch die Farbe der Nadeln sind charakterisiert:

b) 19. Lusus aúrea Carrière. Goldfichten mit teilweise goldgelben Nadeln, die später oft ergrünen. Selten.

b) 20. Lusus Beissneriána Gf. Schwerin, grünlich austreibend, später dauernd gelb verfärbt.

b) 21. Lusus pállida Kihlmann, mit bleibend grüngelben Nadeln.

b) 22. Lusus variegáta Carrière. Buntfichten mit weißbunten Nadeln, bzw. vereinzelten weißen Nadeln und Zweiglein, wildwachsend in Finnland und Baden gefunden.

b) 23. Lusus versícolor Wittrock, die bleichsüchtigen Fichten oder die Fichten mit verspäteter Chlorophyllbildung, in Sandvik (15 m hoher Baum) und anderen Orten in Südschweden, in Kirchleeren in der Schweiz (12 m); auch in Finnland, Kärnthen, Frankreich und Deutschland an verschiedenen Orten in Kultur gewonnen, hat beim Austreiben völlig weiße oder gelbliche Triebe, die erst im Laufe des Sommers allmählich ergrünen, an den Nadelspitzen beginnend, bis dann im Spätsommer die Nadelfärbung normal wird. Wesentlich anders verhält sich eine 6 m hohe, ca. 25 Jahre alte Fichte von

Humlekärr in Schweden. Der junge Trieb erscheint schwach chlorophyllführend und hellgrün; erst im Laufe des Sommers tritt Weiß-(Ent-)Färbung der Jahresnadeln an den dem Licht am stärksten ausgesetzten Zweigen ein, die bis tief in den Winter andauert; die weniger von der Sonne getroffenen nehmen im Herbst die typisch grüne Farbe an, die am stärksten und dauernd beschatteten sind rein grün. (Mitt. d. forstl. Versuchsanstalt Schwedens. 3. Heft 1906; Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1906 u. 1908). — L. nívea Schwerin (D. Dendrol. G. 1907) fast milchweiß austreibend und erst im Sommer etwas grünlich, gehört ebenfalls hierher.

Bei den durch die Nadelfarbe charakterisierten Spielarten habe ich zunächst noch den Standpunkt „Relata refero" beobachtet, obwohl ich nicht verkenne, daß hier bei einigem Farbensinn dem Nomenklatur-Unfug Tür und Tor geöffnet ist. Entschieden zweckmäßiger erscheint mir aber, schon allein auch aus Rücksicht auf unsere meist mehr wie dürftigen Kenntnisse über diese bunten Formen, alles in eine Spielart variegáta Carr. erweitert, Buntfichte, zusammenzufassen; wer daran Vergnügen hat, kann ja dann, je nach Spezialfarbe, noch ein weiteres Adjektivum dahintersetzen, was für gärtnerische Zwecke ganz am Platze sein mag, ähnlich wie die weiteren Bezeichnungen caesia, glauca und argentea für alle Koniferen, je nachdem Grade der Nadel-Bereifung.

Durch Abänderungen im Zapfenbau ist charakterisiert:

b) 24. Lusus tríloba Ascherson und Gräbner, lappenschuppige Fichten. Zapfenschuppen wenigstens teilweise 3 lappig. — Harz, Mähren, Schweiz.

Endlich treten bei der nordischen wie bei der gemeinen Fichte als Hemmungsbildungen auf 1. Krüppelzapfen, indem eine wechselnde Anzahl von Zapfenschuppen in ihrer oberen Hälfte mit einem scharfen Winkel nach außen zurückgebrochen erscheint, der Samen reift normal; 2. „Squarrosa"-Zapfen Jacobusch (möglicherweise besondere Abart), mit sehr lang geschnäbelten, starkwelligen und sparrig abstehenden, weizengelben, dünnhäutigen Zapfenschuppen, so daß diese Zapfen völlig denen der Sitkafichte gleichen; 3. parasitäre Hemmungen an von Insektenlarven angefressenen Zapfen, deren kleinere, dünnere und unebenere Schuppen sich nicht öffnen und deren Samen oft hohl sind.

Als ungenügend bekannte Abänderungen betrachtet Schröter die nach der Farbe der unreifen Zapfen unterschiedene rot- und grünzapfige Fichte, von welchen unter gleichen klimatischen Bedingungen die grünzapfige Fichte sich später im Jahre entwickelt als die rotzapfige und viel lockerer gestellte Nadeln hat als die letztere; wahrscheinlich haben wir es mit einer „Frühform" und einer „Spätform" zu tun, die bei den meisten Fichtenvarietäten zu finden sein dürften (Saisondimorphismus). Wo grün- und rotzapfige Fichten gemischt vorkommen, sind natürlich auch Bastardierungen beider zu erwarten, deren Nachkommen teils früh, teils spät treibend werden.

c) Wuchsformen:

Die hierher gehörigen Formen sind entweder Korrelationsformen, welche als Reaktion auf Verstümmelung entstehen, oder sie sind als klimatische Reduktionsformen aufzufassen, oder sie stellen eine Reaktion auf Bodeneinflüsse (veränderte Ernährungsbedingungen) dar. (Zahlreiche Abbildungen in meinen S. 351 zitierten Büchern). Durch wiederholten Knospenverlust, namentlich durch Verbeißen seitens der Ziegen, entsteht die in den Alpen überall verbreitete, aber auch anderswo, z. B. im Schwarzwald, anzutreffende Verbißfichte,

das Geistannli oder Grotze der Aelpler, das 40—60 Jahre, vereinzelt sogar über ein Jahrhundert (selbst gesehen) alt werden kann, ehe der Gipfel den Tieren aus dem Maule wächst und sich dann zum normalen Baume entwickelt; wachsen hierbei zwei Gipfel aus, so entstehen die Zwillingsfichten, drei und mehr, die Garbenfichten, deren Stämme später mehr oder weniger miteinander verwachsen. Diese Wuchsformen können hier, wie bei anderen Bäumen, natürlich auch aus 2 oder mehr selbständigen Bäumchen hervorgehen, die zu nahe beisammen stehen. Die Schneitelfichte ist eine künstliche Säulenform, hervorgebracht durch wiederholtes Aufschneiteln der Fichten behufs Streugewinnung; die Kandelaberfichten, in großen freistehenden Exemplaren vielfach



Abb. 28.
„Geistannli", ein Teil im Begriffe auszuwachsen, bei Mürren in der Schweiz.
L. Klein phot.

auch Wettertannen (vgl. auch bei Tanne Abb. 42) genannt, haben infolge des frühzeitigen Aufrichtens von Seitenästen erster und höherer Ordnung mehrere (bis ca. 20 und mehr) Sekundärwipfel. Der fast stets längere Hauptwipfel kann dabei erhalten oder gebrochen sein. Verliert ein schon erstarkter Baum sein oberes Stammende durch Schneebruch, Winddruck u. dgl., so können sich an seiner Stelle ältere Aeste als Sekundärwipfel aufrichten und bilden dann ebenfalls eine Kandelaberfichte („Bruchkandelaber"), (vgl. Abb. 43). Ist eine Fichte durch Wind oder Schneedruck stark geneigt oder niedergelegt, aber nicht entwurzelt, so kann eine ganze Reihe von Seitenästen sich zu Tochterbäumen entwickeln (Harfen-

fichten). Durch mechanische Gewalt geknickte Stämmchen heilen oft zu sonderbar gestalteten Knie-, Knick- und Schleifen fichten aus. Windgepeitschte und windgescherte Fichten (vgl. S. 351) mit Fahnenwuchs der Krone finden sich im höheren Gebirg an windoffenen Stellen mit herrschenden Westwinden; die ganze Westhälfte der Krone vertrocknet schließlich und wird durch Schnee- und Eisanhang abgebrochen. Gegen die Baumgrenze, im Norden wie im Gebirge, wird wiederholte Mehrwipfeligkeit, mit reduziertem Höhenwuchs verbunden, besonders an windoffenen Stellen immer häufiger und diese Krüp-



Abb. 29.
Harfenfichte vom Ochsenkopf bei Hundseck im bad. Schwarzwald. L. Klein phot.

pelformen mit weit ausgreifenden unteren Aesten lassen sich als Strauchfichten (inkl. Willkomm's „Schneebruchsfichte"), (zu denen vielleicht auch meine Kriechfichten, Lusus prostrata b. 9 gehören) zusammenfassen, an welche sich, bis jetzt nur im höchsten Norden beobachtet, die Polsterfichten, mit Stamm, ein meterhohes dichtes Polster bildend und die stammlosen, im Rasen kriechenden, aus angewurzelten, ausläuferartigen Aesten bestehenden Mattenfichten als Endglieder anschließen.

Die drei zuletzt geschilderten Wuchsformen verdanken der austrocknenden Wirkung des Windes, d. h. dem dadurch bedingten Triebverlust und der korrelativ dadurch veranlaßten Sproßvermehrung ihre Ausbildung. An der nordischen Baumgrenze wie in Hochlagen entstehen durch Reduktion des Längenwachstums infolge geringer Wärmewirkung und Kürze der Vegetationsdauer als einwipfelige Grenzformen des hochstämmigen Baumwuchses die Spitzfichten mit langzylindrischer, schmaler, locker beasteter Krone, wenn nur die Seitentriebe verkürzt werden, und die der normalen Wuchsform entsprechenden breitkonischen Kegelfichten, wenn namentlich der Hauptstamm stark verkürzt ist. Bei der noch baumartigen Kegelfichte ist der Stamm sehr abholzig, bis auf den Boden herab dicht beastet, dicht und kurz benadelt.

Durch die Bodenbeschaffenheit werden in ihrem Wuchse modifiziert die Sumpf- oder Krummfichten (forma palustris Berg) und die Senkerfichten; verpflanzt man dieselben in guten Boden, so verlieren sie ihren abnormen Wuchs. Die zu tausenden in nassen Torfmooren Livlands und Ostpreußens vorkommende Sumpffichte ist dadurch ausgezeichnet, daß



Abb. 30.
Windgescherte Fichten am Haldenköpfle (ca. 1200 m) beim Schauinsland im bad. Schwarzwald. — L. Klein phot.

der Gipfeltrieb umgebogen oder hinunterwachsend ist und gleichzeitig auch alle Aeste und Zweige sich abwärts neigen, so daß die Pflanzen großen Reisighaufen ähneln. Nach Entwässerung der Moore richten sich die Bäume allmählich auf. Bei der Senkerfichte haben die untersten Aeste Wurzel geschlagen und sich zu Tochterbäumen aufgerichtet. Hieran kann endlich die Stelzenfichte angeschlossen werden, die auf ihren Wurzeln wie auf Stelzen steht und in der Regel durch Anflug auf einem modernden Baumstumpfe entsteht (Stock-Stelze) oder auf einem modernden Lagerholz (Stamm-Stelze mit z. T. flacher wachsenden Stelzenwurzeln). Bei den Kniewurzelfichten wächst eine Seitenwurzel aus der Erde heraus, an einem modernden Stock, Stockrest oder liegenden Stamm auf der einen Seite in die Höhe, auf der andern wieder herunter in den Boden. Nach völliger Vermoderung der Stockreste stehen die sehr mannigfaltigen, mittlerweile mehr oder weniger erstarkten Luftwurzeln der Stelzen- und Kniewurzelbäume völlig frei.

Die Beziehung der durch die Eigenschaften ihres Holzes charakterisierten Haselfichte zu den oben aufgeführten Fichtenvarietäten ist

durchaus unklar. Das Holz der Haselfichte hat fast gleichbreite, schmale Jahresringe mit sehr schmaler Spätholzschicht und rel. breiter, weißer Frühholzschicht. Angeschlagen oder beim Riesen gibt der Stamm einen hellen, singenden, lang vibrierenden Ton von sich und eignet sich das Haselfichtenholz deshalb vorzüglich zu Resonanzböden musikalischer Instrumente. Bei einzelnen Haselfichten verlaufen die Jahresringe wellig, mit regelmäßigen Einbuchtungen (Zargenholz). Wahrscheinlich kommt die Haselfichte überall im höheren Gebirg vereinzelt oder horstweise vor, namentlich unter den Zottelfichten.

Die gemeine Fichte ist der einzige europäische Vertreter der Sektion Eupicea. Häufiger angepflanzt findet man die beiden folgenden, nordamerikanischen Fichten:



Abb. 31.
Junge Stelzenfichte mit völlig frei stehenden Wurzelstelzen, beim Notschrei im bad. Schwarzwald. — L. Klein phot.



Abb. 32.
Alte Stelzenfichte beim Notschrei im bad. Schwarzwald mit mannshohen zum Teil untereinander verwachsenen Stelzenwurzeln. — L. Klein phot.

§ 33. 2. Picea álba Link. Schimmelfichte, nordamerikanische Weißfichte. Junge Triebe kahl, graugrünlichweiß, an den Spitzen der Blattkissen oft schwach violett angehaucht. Nadeln dicht, bis 20 (selten 25) mm lang, im Querschnitt quadratisch, fast stets ohne Harzgänge, infolge starker Entwickelung der Spaltöffnungsreihen bläulich-graugrün, zerrieben aromatisch. (Bei besonders aromatischen Zweigen führt ein Teil der Nadeln oft 1—2 auffallend weite Harzgänge.) Zapfen 2—5,5 cm lang, unreif meist grün, reif meist hellbraun, schon im Herbste oder im Laufe des Winters abfallend. Zapfenschuppen

schwach längs gestreift, matt, mit schmalem, glänzendem Rande. Samen inkl. des doppelt bis dreifach so langen Flügels bis 9 mm lang. Mannbarkeit frühzeitig, Samenproduktion reichlich. — Die Heimat der Schimmelfichte ist das östliche Nordamerika, wo sie der wichtigste Waldbaum ist und nach Mayr in den Rocky mountains bis zu 50 m Höhe erreichen soll. In Europa (1700 eingeführt) erreicht sie nur 10—15 (25) m Höhe. Lebensdauer der Nadeln bei uns am Haupttrieb 3 ½—5 ½, meist 4 ½, an Seitentrieben 6 ½—10 ½, meist 8 ½ Jahre. Der Baum ist bei uns völlig winterhart und viel dichter verzweigt als unsere Fichte; er ist darum als Randbaum exponierter Waldparzellen geeignet und als Windschutz häufig in Dänemark und Schleswig-Holstein verwendet, wo Kiefer und Fichte versagen, während er den Einfluß von Salzwasser und Seewind gut verträgt und zur Bindung des Dünensandes sich als geeignet erweist, zum Anbau auf großen Flächen aber wegen zu geringer Massenerzeugung ohne Bedeutung ist. Verbreiteter Zierbaum in Gärten und Anlagen.



Abb. 33.
Kniewurzel-Fichte aus dem Schwarzwald. L. Klein phot.

3. Picea púngens Engelmann. Junge Triebe schön gelbbraun, glatt, Endknospen groß, dick, mit breiten, zurückgeschlagenen Schuppen. Nadeln dicht, auf stark vortretenden Blattkissen, mehr oder weniger sparrig abstehend, stark, dornig gespitzt und stechend, 15—30 mm lang; Harzgänge 2. Zapfen 8—10 cm lang, hellbraun, mit wellig ausgerandeten Schuppen. Ihre Heimat ist das Felsengebirge Nordamerikas. In Europa erst 1863 eingeführt, ist der raschwüchsige und völlig winterharte Baum in seinen blauweißen Varietäten heute unsere beliebteste und schönste Zierfichte in Gärten und Parks. Die spitzen Nadeln schützen sie gegen Verbiß, nicht aber gegen das Fegen. In Schleswig-Holstein, da wo die Fichte versagt, schließt sich P. pungens an P. sitchensis, die am besten an der Küste gedeihende Konifere, an.

§ 34. 2. Sektion Omórica. Nadeln zweiflächig, tannenähnlich, auf der (gegen den Zweig gekehrten) Oberseite zwei weiße Spaltöffnungsstreifen zeigend, unterseits glänzend dunkelgrün.

4. Picea Omórica Pančič. Omorikafichte[1]). Junge Triebe braun, dicht behaart. Blattkissen wagrecht abstehend. Nadeln 8—14 mm lang, etwa doppelt so breit wie dick, niedergedrückt vierkantig, mit kurzer Knorpelspitze, an den wagrechten Zweigen mehrreihig zweiseitig (gescheitelt); 2 kleine Harzgänge, welche in der unteren Nadelhälfte nahe den Seitenkanten an der Hautschicht der Nadel liegen. Beim mannbaren Baume sind die Nadeln der Triebe durchschnittlich nur 1 cm lang, aber 2—3 mm breit, gespitzt, diejenigen der Seitentriebe im allgemeinen länger, bis 16 mm, stumpfer, oft ohne jede Zuspitzung mit breitem abgestutztem Ende, bis 2,5 mm breit. Zapfen 2—4 cm lang, eiförmig, gedrängt, teils

1) R. v. Wettstein, Die Omorikafichte. Eine monographische Studie (Sitzungsb. d. math.-natw. Kl. d. Wiener Akademie Bd. 99. Abt. I p. 503—557 mit 5 Taf.) Wien 1891.

aus End-, teils aus Seitenknospen hervorgehend, trocken dunkelrotbraun, vor der Reife trübviolett mit dunkelrotem Rande der Zapfenschuppen. Samen inkl. des doppelt so langen Flügels 11 mm. Ein Kilo entflügelten Samens enthält nach Wilhelm ca. 350 000 Körner. — 1872 wurde der durch seine schlank kegelförmige, beinahe zypressenartige Gestalt auffallende, bis über 40 m Höhe erreichende Baum in Serbien entdeckt, wo er, wie in Bulgarien und Bosnien, jetzt nur noch einzeln oder in Horsten an schwer zugänglichen Stellen in den Gebirgswaldungen auftritt. Die tief angesetzte „pfeilförmig-pyramidale" Krone wird von sehr zahlreichen, selten über 3 cm starken und nie über 2 m langen, oft bis zur Berührung mit dem Stamme abwärts geneigten, an der Spitze aufwärts gekrümmten Aesten gebildet. Borke kaffeebraun, großschuppig, leicht sich ablösend. Der bei uns völlig winterharte Baum ist, wie die anderen Arten dieser Sektion, ein prächtiger Zierbaum.

5. Picea sitchénsis Trautvetter et Meyer. Sitkafichte. Junge Triebe meist dick und steif, gelbgrün, später braungelblichweiß, kahl. Knospen glänzend, hellgelb. Blattkissen stark abstehend. Nadeln sehr dünn, aber trotzdem steif, 12—20 mm lang, bei uns nur 1 mm breit (in der Heimat bis 2,2 mm), nadelscharf zugespitzt, starr vom Zweige abstehend oder an den horizontalen Zweigen fast zweizeilig, in der Regel ohne Harzgänge. Zapfen 5—8 cm lang, auffallend kleinschuppig, blaßgelb. Samen inkl. des 2—3 mal so langen Flügels ca. 10 mm lang. Nach Wilhelm enthält ein Kilo entflügelten Samens ca. 700 000 Körner. — Einer der wichtigsten bestandbildenden Waldbäume des nordwestlichen Amerikas, wo sie vom Meeresstrande bis 2100 m ansteigt, selbst nassen, feuchten, sandigen Boden und Flußufer liebt und nicht selten 60 m Höhe und bis 3 m Durchmesser erreicht. In Europa 1831 eingeführt, ist sie vielfach in ausgedehntem Maße forstlich angebaut. In genügend tiefgründigem, feuchtem Boden, besonders im tiefen nahrhaften Lehmboden gedeiht sie vorzüglich, während sie in trockenem, magerem, heißem Boden, besonders im Kalkboden krüppelt. In Schleswig-Holstein hat sie sich nach Schwappach von allen Nadelhölzern am besten bewährt. In dem Maße, in dem Pseudotsuga in ihren Leistungen nachläßt, gedeiht sie immer besser und wetteifert in 20—25 jährigem Alter nahe der Küste an Höhenwuchs mit Pseudotsuga, die ihr im Binnenlande weit überlegen ist. Auch für das übrige Küstengebiet und die Rheinprovinz ist sie die wertvollste fremde Fichtenart, weiter nach Süden und im Kontinentalklima Posens ist sie ohne Bedeutung. — Beliebter Garten- und Parkbaum. Lichtbedürftiger als die gemeine Fichte ist sie in der Jugend, im Frühjahr und in schneearmen Wintern gegen Trockenheit empfindlich.

### Die Tannen (Abies).

§ 35. Die Zapfen stehen nur auf den obersten Aesten, einzeln, hinter der Spitze vorjähriger Zweige, stets aufrecht. Nach der Samenreife zerfallen sie, indem die Zapfenschuppen sich mit den Samen von der stehen bleibenden Zapfenspindel loslösen. Die flachen Fruchtblätter sind wie bei Picea fast bis zur Basis in „Deckschuppe" und „Fruchtschuppe" gespalten, die Deckschuppen, im Gegensatz zu Picea, lang zugespitzt, nahezu so lang oder länger als die Fruchtschuppe, oft nach der Blütezeit sich stark verlängernd. Die männlichen Blüten sind wie bei Picea gebaut, die Pollensäcke springen aber mit Querspalt auf und die mit seitlichen Flugblasen versehenen Pollenkörner sind größer als wie bei den Fichten. Die Samenreife ist ein-

jährig. Die Samen sind groß, verkehrt kegel- oder keilförmig, mit bleibendem Flügel. Sämtliche Triebe sind Langtriebe, an denen die mehrjährigen Nadeln ohne Blattkissen einzeln sitzen und nach dem Abfallen eine ungefähr kreisrunde, im Niveau der Rinde liegende oder nur wenig hervorragende Narbe hinterlassen. Die linealen, am Grunde zusammengezogenen, mit kreisrunder, etwas verbreiterter Basis sitzenden Nadeln sind oberseits glatt, dunkelgrün, ohne Spaltöffnungen, unterseits mit grünem Mittelkiel und grünen Rändern und zwei mehr oder weniger weißen Spaltöffnungs-Streifen. Der zweiflächige Querschnitt der Nadel zeigt zwei annähernd kantenständige Harzgänge (vgl. Abb. 34 u. 35). Nach dem Vertrocknen der Zweige bleiben die meisten Nadeln am Zweige haften (Fruchtblätter und Nadeln verhalten sich also gerade entgegengesetzt wie bei der Fichte) und die abgeschnittenen Tannenzweige liefern deshalb ein vorzügliches Deck- und Schattenmaterial. Quirlknospen und Zwischenknospen ähnlich wie bei der

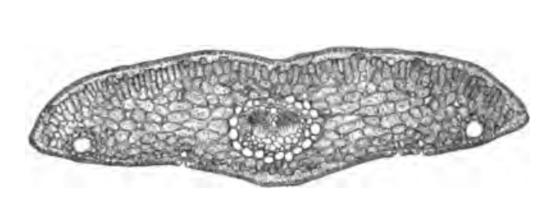


Abb. 34.
Querschnitt einer Weißtannen-Nadel von dem unteren Teil der Krone. Die beiden Harzkanäle liegen der Epidermis der Unterseite an. — Vergr. 30. (Aus Hempel und Wilhelm.)

Abb. 35.
Querschnitt einer Weißtannen-Nadel vom Gipfeltrieb. Die beiden Harzkanäle liegen inselartig im grünen Mesophyll. — Vergr. 30. (Aus Hempel und Wilhelm.)

Fichte, nur stehen die obersten Seiten(Quirl-)knospen stets in gleicher Höhe dicht unter der Endknospe, am Gipfeltrieb meist 4—5, am Ende der Seitenzweige in der Regel nur zwei, ebenso ist die Zahl der Zwischenknospen am Jahrestrieb meist eine spärlichere als wie bei der Fichte und die Verzweigung infolgedessen eine viel lockerere. Der Stamm ist einheitlich und streng pyramidal bis zu beendetem Höhenwuchs, dann richten sich die oberen Seitenäste, den Gipfeltrieb im Längenwachstum überholend, mehr oder weniger auf und bilden das sog. Storchennest (auch Adlerhorst genannt), eine für alte Tannen außerordentlich charakteristische Erscheinung! (vgl. Abb. 36, 42, 43). Die Keimkraft des Samens ist von kurzer Dauer. Samen, welcher nicht von der letzten Ernte herrührt, ist wertlos. Als Einteilungsprinzip der Tannen wurde die Einteilung nach der Lage der Harzgänge in den Nadeln (Köhne) gewählt, trotz mancher Abweichungen, namentlich bei fruchttragenden Zweigen. Zur sicheren Bestimmung junger Pflanzen ist das Mikroskop unerläßlich!— In Deutschland ca. 25 Arten winterhart.

§ 36. I. Reihe. Harzgänge der Blätter nichtblühender Zweige an der Epidermis der Unterseite. Dickwandige, farblose (mechanische) Zellen wenigstens einige unterseits im Kiel, oder in den Seitenkanten, oder oberseits unter der Epidermis, nie im Zentralstrang.

1. Abies pectináta D. C. (A. alba Miller). Weißtanne, Edeltanne (franz. Sapin). Junge Triebe kurz rauhhaarig, grünlich. Knospen stumpfer und dicker als bei der Fichte, mit grünlichbraunen Schuppen, harzlos, nur die Endknospen des Stammes und kräftiger Zweige am Grunde oft mit Harz überzogen. Nadeln lineal, 2—3 cm lang und bis 3 mm breit, auf kurzen, an den Zweigen gedrehten, am Grunde scheibenförmig verbreiterten Stielchen, am Haupttrieb spitz, an Seitentrieben stumpf und spitzwinkelig eingeschnitten (bei jüngeren Pflanzen), stumpf ausgerandet oder ganz stumpf (an den oberen Zweigen älterer Bäume), an Seitenzweigen meist kammförmig gescheitelt (Abb. 10 Fig. 7), in der Wipfelregion älterer Bäume mehr oder weniger aufwärts gekrümmt, am Haupttrieb jüngerer Bäume mehr oder weniger allseits abstehend, bei mannbaren Bäumen allseits nach oben gekrümmt. Im Nadelquerschnitt liegen die beiden Harzgänge bei den Nadeln der unteren und mittleren Krone meist an der Hautschicht der Nadelunterseite, in der Wipfelregion älterer Bäume meist im Innern des grünen Parenchyms. Am Gipfeltrieb älterer Bäume haben die Nadeln auch auf ihrer Oberseite Spaltöffnungen. Im Zentrum des Nadelquerschnittes liegen zwei Gefäßbündel. Die Blüten sind auf den oberen Teil der Krone beschränkt, männliche und weibliche auf verschiedenen Trieben. Die gelben, zylindrischen, männlichen Blüten stehen meist zu vielen beisammen, jede in der Achsel einer Nadel, auf der Unterseite ihrer Tragzweige. Die weiblichen Blüten bilden weißlichgrüne Zapfen von 3—5 cm Länge und stehen einzeln auf der Oberseite ihrer Tragzweige, dem vorderen Ende derselben genähert. Die Deckschuppe ist zur Blütezeit weit größer als die von ihr vollständig verdeckte Fruchtschuppe (Abb. 11 Fig. 5. 6), mehr oder weniger nach außen gebogen und selbst etwas herabgeschlagen. Nach der Befruchtung wachsen die Fruchtschuppen zwischen den schmal bleibenden Deckschuppen hervor und sind am jungen Zapfen außen bläulichgrün, innen, wie die Samen, teilweise schön karminrot. Der reife Zapfen ist aufgerichtet, walzenförmig, 7,5—17 (selten bis 30) cm lang und 3—5 cm dick, matt bräunlich, mit bald grünlichem, bald rötlichem oder violettem Ton an den Schuppenrändern. Die dürr gewordenen, zungenförmig gestreckten, oben etwas verbreiterten Deckschuppen ragen mit aufgerichteter oder umgeschlagener Spitze zwischen den breiten Fruchtschuppen hervor. Die dreikantigen, dunkelbraunen Samen sind bis 1 cm lang und bis 4—5 mm breit mit keilförmigem, schief abgestutztem, doppelt bis dreifach so langem, brüchigem, gelblich bis violettbraun gefärbtem, glänzendem Flügel, dessen umgeschlagener Teil fast den ganzen Samen umhüllt und mit ihm verwachsen ist. Die Samenschale ist teilweise durch Terpentinblasen höckerig aufgetrieben. Diese Blasen werden leicht zerdrückt und die Samen büßen dann an Keimfähigkeit ein, weshalb Tannensamen nicht in Säcken, sondern in festen Behältern, womöglich mit Häcksel oder Schuppen gemischt, versendet werden soll. Die Handelsware des Samens besteht größtenteils aus Körnern, welche noch in dem unteren Teil des über ihnen abgebrochenen Flügels stecken. 1 Kilo enthält 19 000—26 000, im Durchschnitt 23 000 derartige Samen. 24—30, im Mittel 27 Kilo gehen auf das Hektoliter.

Die Mannbarkeit tritt bei freiem Stande im 30., im Schlusse gewöhnlich erst mit dem 60.—70. Lebensjahre ein. Von da an kann bis zum 120. Jahre und länger in milden Lagen jedes 2. Jahr ein Samenjahr sein, in rauheren Lagen sind die Samenjahre seltener und wiederholen sich zuweilen erst nach je 5—8 Jahren. Die Blütezeit fällt ziemlich mit derjenigen der Fichte zusammen, im Süden des



Gebiets Ende April, im Norden wie gegen die obere Grenze im Gebirge Mitte bis Ende Mai bzw. erste Hälfte Juni. Die Zapfenreife tritt gewöhnlich Ende September ein und gleich nachher, gewöhnlich im Oktober zerfallen die Zapfen; die kahlen Zapfenspindeln bleiben lange am Baum. Die Keimung der Samen erfolgt 3—4 Wochen nach der Aussaat, mit in der Regel 5—6 ca. 2—3 cm langen Keimnadeln, die unterseits glänzend grün sind und auf der Oberseite zwei helle



Abb. 36.
Vier typische, ausgewachsene Weißtannen bei Reichental im Schwarzwald. L. Klein phot.

Spaltöffnungsstreifen tragen. Mit diesen Keimnadeln alterniert, unmittelbar über ihnen stehend, ein Quirl von ebensovielen Primärnadeln, die nur halb so lang sind und die Spaltöffnungsreihen auf der Unterseite tragen. Ueber den Primärnadeln schließt eine kleine Gipfelknospe den 1. Jahrestrieb ab. Im 2. Jahre bildet die Tanne einen kurzen aufrechten Trieb und endet mit einer Gipfel- und 1—2 Seitenknospen. Im 3. Jahre treiben die ersten Seitenknospen aus, aber auch in diesem und den nächstfolgenden Jahren ist das Wachstum des Stämmchens gering, während

**das schon im 1. Jahre relativ kräftige Wurzelsystem stark gefördert wird. Bei günstigen Standorts- und Beleuchtungsverhältnissen wird der erste richtige Astquirl im 4. oder 5. Jahre, im Dunkel des Bestandes aber erst im 8.—10. Jahre gebildet. Auch nach erfolgter Astquirlbildung bleibt der Gipfeltrieb zunächst noch kurz. Vom ca. 14. oder 15. Jahre ab kann der jährliche Längenzuwachs auf gutem Boden ca. 30 cm und mehr betragen. Ums 100. Jahr läßt der Höhenwuchs nach und mit 180—200 Jahren ist er in Kulturwäldern unter normalen Standortsverhältnissen abgeschlossen. (Die Ausbildung des „Storchennests" ist ein Zeichen beendeten Höhenwuchses.)**

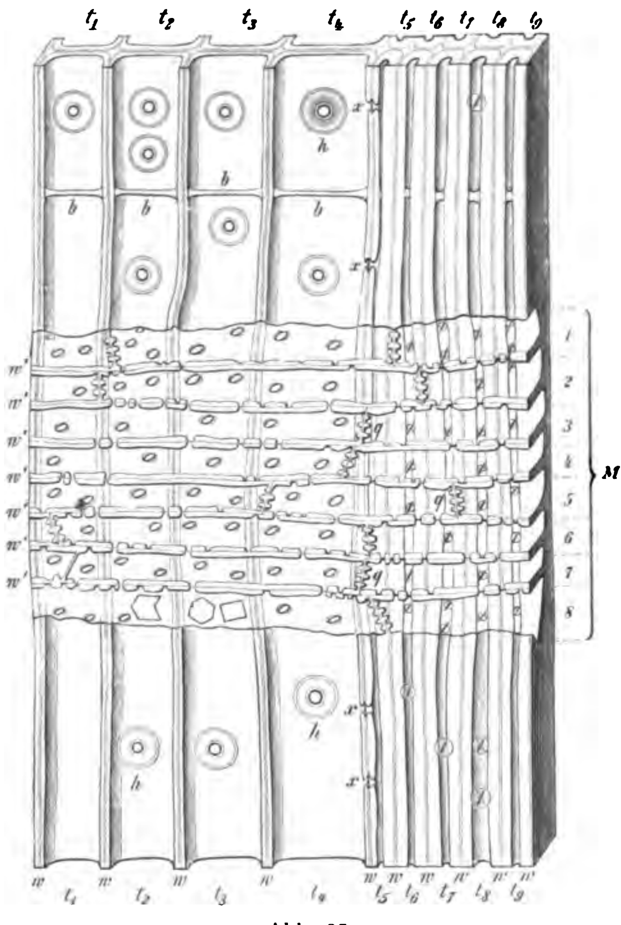



Abb. 37.

Holz von *Abies pectinata* im radialen Längsschnitt. $t_1$ bis $t_9$ Tracheiden ($t_1$bis $_4$ Frühholz, $t_5$ bis $_9$ Spätholz); h Hoftüpfel in Flächenansicht, x solche längs durchschnitten. Die Wand w zwischen $t_4$ und $t_5$ bildet die Jahrringgrenze. Der aus 8 Zellreihen bestehende Markstrahl M ist ausschließlich aus liegenden Parenchymzellen aufgebaut, die auf allen Wänden einfache Tüpfel besitzen; q die Querwände der Markstrahlzellen. In den Frühholztracheiden oben bei b sog. Querbalken, vereinzelt auftretende, balkenartige Spangen, welche die tangentialen Längswände miteinander verbinden. In der linken Zelle der untersten Markstrahlreihe 3 Kristalle von oxalsaurem Kalk. — Vergr. 360 (nach K. Wilhelm).

Mit 120 Jahren hat die Tanne im Durchschnitt eine Höhe von ca. 28 m erlangt, auf bestem Standort ca. 34 m. Im Urwald erreicht die Tanne in einzelnen Exemplaren ein vielhundertjähriges Alter (ca. 500 J., und als mächtigster unserer Waldbäume bis zu 68 m Höhe bei 3,8 m Durchmesser; in den Pyrenäen gab es zu Anfang des

19. Jahrhunderts sogar noch 800 jährige Bäume). Die Lebensdauer der Nadeln beträgt, ausgenommen an lufttrockenen Standorten, 8 und selbst 11 Jahre; am Leittrieb haften dieselben gewöhnlich länger als an den Seitentrieben.

Die Verzweigung der Tanne erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei der Fichte und der Stamm trägt eine durch sein Alter bestimmte Anzahl von noch schärfer wie dort hervortretenden Astquirlen, der Gipfeltrieb ist stets straff aufrecht, während derjenige der Fichte in der Jugend oft etwas verkrümmt erscheint. Während die Fichte ihre schwächeren Zweige und Zweigsysteme abwärts neigt oder sogar schlaff herabhängen läßt, breitet die Tanne ihr gesamtes Astwerk straff und schirmförmig aus und zeigt einen ausgesprochenen etagenförmigen Bau. Ein Teil der Achselknospen bleibt schlafend und treibt nur nach Verletzungen aus, daher die große Reproduktionsfähigkeit der Tanne insbesondere nach Wildverbiß, dem die Tanne am stärksten von unseren Nadelhölzern ausgesetzt ist. Die Rinde ist, im Gegensatz zu der Fichte, auch noch im Baumalter glatt, meist weißgrau, mit erbsengroßen, beulenförmigen Anschwellungen (Terpentinblasen). Borkebildung tritt in der Regel nicht vor dem 40.—50. Jahre ein. Manche Bäume („Glastannen") behalten die glatte, graue Rinde bis ins höchste Alter. Die Borkeschuppen sind teils eckig, teils rundlich begrenzt und haben eine weißliche, glatte, nicht wie bei der Fichte schilferige Oberfläche. Die Tannenrinde ist durchweg etwas dicker als die Fichtenrinde.

Die Bewurzelung dringt mehr in die Tiefe als die der Fichte; wo es die Bodenverhältnisse gestatten, entwickelt die Tanne eine über einen Meter lange Pfahlwurzel und ist so sturmfester verankert. Auf flachgründigen Böden mit nahe an der Erdoberfläche anstehendem, unzerklüftetem Felsgestein entwickelt auch die Tanne notgedrungen ein mehr tellerförmiges Wurzelsystem und wird dann vom Sturme noch leichter geworfen wie die Fichte.

Das Tannenholz ist von gleichmäßig heller Färbung, mit ungefärbtem Kern(Reif-)holz, mit dem Fichtenholz verglichen etwas mehr rötlich und weniger glänzend, wie dort mit sehr scharfen Jahrringgrenzen. Mikroskopisch ist das Tannenholz vom Fichtenholz durch das Fehlen der Harzgänge im Holze (nur ausnahmsweise kommt einmal ein solcher vor) und durch die stets einreihigen Markstrahlen, die somit auf dem Tangentialschnitt nur eine einfache Reihe bilden, leicht zu unterscheiden. Der Radialschnitt zeigt, daß die Markstrahlzellen sämtlich gleichgestaltet sind, Parenchymzellen, ringsum einfach getüpfelt. Markstrahltracheiden, wie bei der Fichte, kommen nicht vor. Mit sehr ungleicher Verteilung und lange nicht in jedem Jahrring kommen mitunter auch Parenchymzellen zwischen den Tracheiden vor.

Das Verbreitungsgebiet der Tanne. Während die Fichte namentlich im nördlichen und nordöstlichen Teil Europas zu Hause ist und in den zentraleuropäischen Gebirgen, findet die Tanne ihre vollkommenste Ausbildung im Süden und Südwesten Zentraleuropas entsprechend ihrem höheren Wärmebedürfnis. Ihr Verbreitungsgebiet geht von den westlichen Pyrenäen bis nach Kleinasien und vom Südrande des Harzes bis nach Sizilien. Im nördlichsten Teile ihres natürlichen Verbreitungsbezirkes, so in Thüringen, Sachsen, der Lausitz, Schlesien, wächst die Tanne auch in der Ebene, sonst nur im Gebirge. Die größten, geschlossenen, reinen oder fast reinen Tannenwälder finden sich in den Pyrenäen, dem südöstlichen Frankreich, im Jura, in den Vogesen und im Schwarzwalde, während sie in der nördlichen Schweiz, im bayrischen und Böhmerwald, in Thüringen und Sachsen nur kleinere Bestände bildet oder (Alpen und Karpathen, Erzgebirge, Riesengebirge, Sudeten) nur horstweise oder eingesprengt, vorwiegend mit Buche und Fichte ge-

mischt, vorkommt. In den Gebirgen Oesterreichs, Deutschlands und der Schweiz bewohnt die Tanne vornehmlich die Buchenregion. Im Schweizer Jura (bis 1500 m), in den Pyrenäen (bis 1950 m), in Südeuropa (Apenninen bis 1800 m, Sizilien bis 1950 m) geht sie bis zur Grenze des Baumwuchses. Im Thüringerwalde und Erzgebirge steigt sie bis 800 m, in den nördlichen Karpathen bis 1100, im Riesengebirge, im bayrischen Wald und in den Vogesen über 1200 m, im Schwarzwald und den südlichen Karpathen bis 1300 m; in den bayrischen Alpen bis 1500 m, in der Schweiz bis 1800 m, während ihre untere Grenze im bayrischen Walde bei 300 m, in Vogesen und Jura bei 500—600, der Schweiz bei 700, den französischen Pyrenäen bei 1360 m beobachtet wurde. Wie die Fichte ist auch die Tanne west- und nordwärts weit über die Grenzen ihres natürlichen Gebietes hinaus verbreitet (ganz Frankreich, Belgien, norddeutsche Ebene, z. B. Oldenburg, England und das südliche Skandinavien). In den Gebirgen Griechenlands ist die Weißtanne durch A. cephalonica, im Kaukasus durch A. Nordmanniana ersetzt.

Bezüglich ihrer Standortsansprüche und Lebensbedingungen verhält sich die Tanne nahezu umgekehrt wie die Fichte; sie ist einer der anspruchsvollsten Waldbäume. Entsprechend ihrer tiefgehenden Bewurzelung verlangt sie zu freudigem Gedeihen einen namentlich auch in den tieferen Schichten frischen Boden, während ihr trockener wie nasser Boden nicht zusagt. Ebenso sind ihre Anforderungen an die Feuchtigkeit der Luft hohe, wenn auch nicht so groß, wie bei der Fichte. Ihr Bedarf an wertvollen Aschenbestandteilen ist bedeutend, da sie im Stammholze $2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$ mal mehr Kali und $1^1/_2$—$1^3/_4$ mal mehr Phosphorsäure als die anspruchslose Kiefer enthält. Für ihr Gedeihen ist ein mäßiger Tongehalt des Bodens Bedingung, der bei genügender Lockerheit des Bodens die erforderliche Frische erhält, ohne Rücksicht auf die geognostische Herkunft desselben. Am besten sagt ihr ein tiefgründiger, sandiger Lehmboden zu und im allgemeinen kalkarmer Boden besser als kalkreicher. In den tieferen Lagen ihres Verbreitungsgebietes bevorzugt sie die nordwestlichen bis östlichen Abdachungen, in den höheren Gebirgslagen die südwestlichen bis südöstlichen Hänge. Mykorrhizabildung tritt nach A. Engler bei der Tanne (wie bei der Kiefer) auf den humusärmsten Böden oft ebenso stark und oft noch stärker auf, wie in reinstem Humus. Die Tanne ist im Keimbett empfindlicher als die Fichte und selbst als die Buche. Mangelhafte Erwärmung des Keimbetts in Altbeständen und höheren Lagen verursacht nach Stoll[1]) leicht Versauerung und Verdichtung des Keimbetts, wodurch das Auflaufen keimfähiger Samen erschwert wird und die Wurzeln aufgelaufener Pflänzchen vorzeitig zum Absterben gebracht werden. Die Verbreitung der Tanne ist somit wesentlich durch die Bodenwärme und damit durch die Bestandsform bedingt. Eine frostharte Tanne (vgl. A. Engler l. c. bei der Fichte) gibt es nicht. Die Tanne zerfällt nicht wie die Fichte in „physiologische Rassen", Anpassungen vererben sich nicht bei ihr. — Durch ihren dichten Kronenschirm schützt sie den Boden in unvergleichlicher Weise gegen die austrocknende Wirkung von Sonne und Wind. In gleicher Weise wirkt der dichte Moosteppich, welcher sich vom höheren Stangenholzalter an oft unter ihr entwickelt, als Schutzdecke gegen die Austrocknung des Bodens. Nächst der Eibe hat die Tanne das geringste Lichtbedürfnis unter allen einheimischen Holzarten, wie sich aus ihrer reichen Zweig- und Nadelbildung, der fächerförmigen Stellung der zweiflächig benadelten Triebe und dem daraus resultierenden, sehr dichten Kronenschirm sowie aus ihrem dichten Bestan-

1) Stoll, Versagen der nat. Weißtannen-Verjüngung etc. (Natw. Z. f. Forstw. und Landw. 1909).



desschluß bei unerreichtem Massenreichtum ergibt. Die außerordentliche Zählebigkeit der Tanne beweisen auch die unter der Beschattung älterer Bäume als Vorwüchse stehenden kleinen Tannen, die bei äußerst beschränktem Lichtgenusse bis 30 Jahre und mehr die Fähigkeit, bei entsprechender Lichtstellung zu kräftigen Bäumen auszuwachsen, bewahren und als Zwerge von ca. 1 m Höhe fünfzig Jahre



Abb. 38.
Trauertanne bei der Brodenau (bei Kaltenbronn) im bad. Schwarzwald. L. Klein phot.

und länger ihr Leben fristen können. Das Wundheilungsvermögen der Tanne ist sehr beträchtlich und viel größer als dasjenige der Fichte.

§ 37. Die Variationsfähigkeit der Tanne ist geringer als die der Fichte; die Spielarten sind hier noch viel seltener, weil die Gesamtzahl der Tannenbäume in Mitteleuropa viel kleiner ist als die der Fichten und weil von den Spielarten ein mehr oder minder beträchtlicher Teil überhaupt wohl niemals öffentlich bekannt wird. Folgende Spielarten sind wildwachsend gefunden worden:

b. 1. Lusus péndula Carr. Trauertannen mit hängenden, zum Teil den Stamm völlig verdeckenden Aesten. Im übrigen gilt das gleiche, was bei der Beschreibung der Trauerfichte gesagt ist. Auch hier ist eine sehr interessante Zwischenform zwischen der Trauer- und der sonst bei den Tannen meines Wissens nicht gefundenen Hexenbesenform bekannt: die prachtvolle,



Abb. 39.
Schlangentanne bei Weisenbach im Murgtal. L. Klein phot.

sog. „Auerhahntanne" bei Schönmünzach im württ. Schwarzwald, deren hängende Aeste erster Ordnung dichte, kurze, klumpig gehäufte Verzweigungen tragen (abgebildet bei Klein, Bad. Bäume Taf. 16 und „Vegetationsbilder" 9. Reihe Taf. 47). Auch die typische Form der Trauertanne ist selten, u. a. ein paar mal in den Vogesen und im Schwarzwald und in Ostfriesland gefunden worden. (Abb. 38.)



b) 2. Lusus erécta Schröter. Pyramidentannen, Steiltannen (inkl. fastigiata Hort, pyramidalis Carrière), typisch ebenfalls eine sehr seltene Form, teils mit aufrecht angedrückten Aesten wie bei der Pyramidenpappel, teils mit vielen spitzwinkelig abgehenden rutenförmigen Aesten, wie bei dem von Feucht beschriebenen und Vegetationsbilder, 9 R. Taf. 45 b abgebildeten Baum, teils (nicht selten) mit „Kandelaberästen".

b) 3. Lusus virgáta Casp. Schlangentannen, vom gleichen Bau wie die Schlangenfichte, aber noch viel seltener. Die Zahl der Aeste pflegt meist eine geringere und die Verzweigung der Aeste eine viel kümmerlichere zu sein als bei der Schlangenfichte, so daß die Schlangenform charakteristischer ausgeprägt ist.

b) 4. Lusus irramósa Moreillon (= monocaulis Conwentz). Astlose Tannen, ganz unverzweigt, 7 ca. 30—36jährige, 0,7 bis 1,8 m hohe Stangen 1895 am Chaumont bei Neuchâtel (Schweiz. Z. f. Forstw. 1896) und ein 8jähriges, 1 m hohes Exemplar 1897 in Ostpreußen (Bischofsburg).



Abb. 40.
Warzentanne von Sulzburg im badischen Schwarzwald. — L. Klein phot.

b) 5. Lusus columnáris Carrière, Säulentannen, Krone eine schlanke Säule bildend. Anscheinend nur 2 mal gefunden: 1867 ein 25 m hoher Baum mit zahlreichen, sehr kurzen Aesten und 1901 in Frankreich. Der 1901 in der Schweiz. Zeitschr. für Forstw. abgebildete, damals über 9 m hohe Baum von Wabern bei Bern mit zypressenartig schmaler, spitzkegeliger Krone und wie bei der Pyramidenpappel steil aufgerichteten, zahlreichen Aesten ist eine ausgesprochene, erecta-Spielart. Er ist eine Veredelung, die von einem ebenso gestalteten, wilden Baum stammt, der 12 m hoch, 1857 in der Com be des Mallais (Frankreich) gefunden wurde.

b) 6. Lusus corticáta Badoux[1]). Dickrindige (eichen- oder lärchenrindige) Tannen, ausgezeichnet durch auffallend früh auftretende Borkebildung. Der von Badoux in Montreux in „la Râpe aux Tannes" bei Noville in der Rhoneebene gefundene, freudig wachsende, ca. 14 m hohe Baum hatte bis zur Höhe von 6 m eine tiefrissige, der Feldulme zum Verwechseln gleichende, braune Borke von unregelmäßig angeordneten, blattförmigen Borkeschuppen, im Maximum bis 2 cm dick.

b) 7. Lusus tuberculáta L. Klein. Warzentannen. Stamm mehr oder weniger dicht mit kegel- oder warzenförmigen oder unregelmäßig kantigen, borkeschuppenähnlichen Korkwucherungen bedeckt, die bis 10 cm Höhe erreichen und aus abwechselnden Schichten von Phelloid und Schwammkork zusammen-

1) In meinen Bem. Bäume Badens habe ich S. 231 diese Spielart nach einem von mir schon 1904 photographierten Exemplar aus dem bad. Schwarzwald, wie ich glaubte, als erster beschrieben. Das „Erscheinungsjahr" meines Buches ist (Jan.) 1908; gedruckt wurde es schon 1907, und die kurze Notiz in der Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen, Juliheft 1907, in welcher die von Badoux entdeckte Tanne beschrieben wurde, kam mir erst lange nach dem Druck zu Gesicht.

gesetzt sind. Diese merkwürdigen Rindenwucherungen sind in zwei wesentlich verschiedenen Erscheinungsformen bekannt, bei der einen, anscheinend äußerst seltenen Form, die schon 1872 von Göppert[1]) beschrieben und abgebildet wurde und vor ein paar Jahren auch in der Schweiz (Fermens bei Apples), konische Warzen vereinzelt und unregelmäßig zerstreut oder gehäuft zwischen zwei Quirlen an Stamm und Aesten auftretend und die von mir beschriebenen und abgebildeten polyedrischen, scharfkantigen Warzen, die in horizontalen, bald ununterbrochenen, bald lückigen, meist nicht völlig um den Stamm resp. Ast herumlaufenden Ringen angeordnet sind, die auf der Grenze der Jahrestriebe stehen, an manchen Bäumen aber auch zerstreut oder nesterweise am Stamm verteilt sind. Von ihnen habe ich bis jetzt 30 im bad. Schwarzwald gefunden,



Abb. 11.
Von Hirschen verbissener Weißtannenvorwuchs im Betzenloh beim Kaltenbronn im bad. Schwarzwald. — L. Klein, phot.

auch in der Schweiz hat Badoux einige gefunden. Da die Wucherungen im wesentlichen den gleichen Bau zeigen und die Spielarten für mich nur Variationsrichtungen bedeuten, glaube ich auch diese beiden in ihrer Erscheinungsform so verschiedenen Spielarten unter dem gleichen Namen vereinigen zu sollen.

b) S. Lusus flabellata Beißner, Fächertannen, mit fächer- oder spalierartig nur nach zwei Seiten ausgebreiteten Zweigen, bis dato nur in 2 jungen, 1 m hohen Bäumchen von Erlangen und einigen Sämlingen aus der Schweiz bekannt (D. dend. Ges. 1910 S. 125 u. 1911 S. 167) müssen m. E.

1) Göppert, Innere Zustände der Bäume nach äußeren Verletzungen, bes. der Eichen und Obstbäume, Jahrb. d. schles. Forstv. 1872 S. 224.

erst einige Jahrzehnte beobachtet werden, um zu entscheiden, ob es sich hier um eine zufällige Mißbildung oder eine konstant bleibende Spielart handelt.

Der bei der Weißtanne so häufige „Hexenbesen" ist eine krankhafte Erscheinung, durch den Rostpilz Aecidium elatinum hervorgerufen. Von



Abb. 42.

Schönste Wettertanne (Weidfeld-Weißtanne) Deutschlands bei Oberrollsbach im badischen Schwarzwald (nahe dem Belchenweg beim „Lückle"). Stammumfang in Brusthöhe 6 m 70, Höhe ca. 24 m. Im Vordergrund links ein erwachsener Mann. L. Klein phot.

Wuchsformen kommen Verbißtanne gelegentlich, vor allem aber die Kandelaber- und die Wettertannen, wie bei der Fichte vorwiegend in höheren Gebirgslagen vor. Ich charakterisiere diese letztere am besten mit den

Worten Christs [1]) und zwar, da der Ausdruck gleichmäßig für Fichten wie Tannen gebraucht wird, beide an dieser Stelle: „Die höchsten Fichten hingegen, welche frei auf der Alpentrift wachsen, haben fast stets ein ganz anderes Aussehen; es sind Prachtgestalten von höchster Individualität: die Wettertannen, Schermtannen, Gogants der westromanischen Alpen. Von langen, weißgrauen Bartflechten (Usnea) behangen, die dem Baum das Aussehen einer bleichenden, von Silberhaar umwallten Greisengestalt verleihen, stehen sie da, einzeln, in weiten, von keinem jungen Nachwuchs vermittelten Entfernungen, aber wetterfest und gedrungen . . . ., sie bieten dem Vieh gegen das Unwetter und den Sonnenbrand trefflichen Schirm." „In den Alpen, einzeln auch im Jura, tritt die Weißtanne auch als Wettertanne auf und bietet dann die prachtvollsten Formen. Denn wenn der Wipfel abgestorben, so treibt erst recht der lebenskräftige Baum aus den unteren Aesten ganze Reihen von Aesten zweiter Ordnung auf, die pfeilgerade den mächtigen wagrechten Aesten entwachsen: ein Kandelaber von wundersamem Reiz. Bis 20 solcher Astausschläge habe ich in den Alpen des kleinen Melchtals an einem einzigen wipfeldürren Riesenbaum gezählt" [2]). Dem habe ich auf Grund eigener, zahlreicher Beobachtungen im deutschen Mittelgebirge wie in den Alpen noch hinzuzufügen, daß sich die richtigen Wettertannen der Fichte wie der Tanne durch auffallend zahlreiche und zum Teil auffallend starke Aeste erster Ordnung auszeichnen, also von Hause aus jedenfalls besonders kräftig organisierte Individuen sind, die zudem durch das in ihrem Schatten lagernde Weidevieh regelmäßig und gut gedüngt werden. Mehrfache bis vielfache und öfters wiederholte Sekundärwipfelbildung wie Bildung sog. Astkerzen kommt nach meinen Beobachtungen bei Fichte, Tanne und Lärche häufig vor und zwar bei abgebrochenem wie bei aushaltendem Hauptstamm; auch in letzterem Falle können zahlreiche Sekundärstämme (bis 20!) in der breit kegelförmigen, dichten Krone fast völlig versteckt sein oder aus einer lockeren Krone mehr oder weniger heraustreten. Hervorragende Exemplare solcher Wetter f i c h t e n stehen z. B. auf den Weidfeldern des hohen Schwarzwaldes (Klein IV. Fig. 46—56), auf der Zalünalp bei Brand in Vorarlberg, am Abhang der kleinen Scheidegg gegen Grindelwald, bei Stiegleschwand (Adelboden) [3]), bei St. Antönien [4]); eine größere Anzahl prachtvoller Wetter t a n n e n verschiedenster Gestalt [5]) oberhalb St. Cergues (bei Nyon am Genfer See), deren stärkstes Exemplar (ohne Sekundärwipfel) 1901 in Brusthöhe einen Stammumfang von 7,38 m hatte, usw.

§ 38. 2. **Abies Nordmanniána Spach. Nordmannstanne.** Im westlichen Kaukasus und den angrenzenden Gebirgen Kleinasiens einheimisch, vom Habitus einer besonders üppigen Weißtanne. Sie unterscheidet sich von letzterer durch ihre stärkeren N a d e l n, welche an den Zweigen j ü n g e r e r Pflanzen nach oben und den Seiten aufrecht abstehen. Kräftige Seitenzweige entwickeln gewöhnlich einen d r e i gliedrigen Knospenquirl, je eine Knospe nach rechts, links und unten, und verzweigen sich auch demgemäß. Junge freistehende Bäume zeichnen sich vor der Weißtanne durch ihre bis zum Boden reichende und im unteren Teile auffallend dichte Krone aus. — S t a n d o r t s a n s p r ü c h e ähnlich, aber etwas

1) H. Christ, Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882, p. 217 und 220.

2) Das sind die „Astkerzen" A n d e r l i n d s (Die Astkerzentannen im Schwarzwald, 1910). Für die Aufstellung einer weiteren n e u e n Spielart scheint mir kein Bedürfnis vorzuliegen. In vorstehender Schrift sind einige jüngere Horizontaläste mit einer ganzen Reihe j u n g e r „Astkerzen" abgebildet.

3) Baumalbum der Schweiz.

4) Abgebildet bei Schröter, Vielgestaltigkeit der Fichte p. 100.

5) Baumalbum der Schweiz.

geringer wie bei der Weißtanne; Nordmannstanne verlangt immer große Bodenfrische, treibt ca. 14 Tage später aus als die Weißtanne, ist somit der Gefahr der Frühjahrsfröste weit weniger ausgesetzt, wird aber vom Wilde wie kaum eine zweite Holzart in der Jugend verbissen. — Hervorragender Zierbaum, ca. 1848 in Europa eingeführt.



Abb. 43.
Große (Wind-)Bruch-Kandelaber-Weißtanne mit 4 aufgerichteten, langen Sekundärstämmen bei St. Cergues ob Nyon im Schweizer Jura. L. Klein phot.

3. Abies grándis Lindley et Gordon. Große Küstentanne. Knospen violett, harzglänzend, Nadeln 3—5½ cm lang, lineal, gerade, auf der oberen Triebseite kürzer wie auf der unteren, auffallend zweizeilig gescheitelt. Mechanische Zellen unter der Oberseite,

die bei allen vorstehenden ausländischen Arten oberseits eine lückenlose oder nur wenig unterbrochene Schicht bilden, hier unter der Epidermis sehr vereinzelt und selbst ganz fehlend. Zapfen mit versteckten Deckschuppen ca. 10 cm lang und 4 cm dick, vor der Reife grünlich. — Diese vorzugsweise auf die nördliche pazifische Küste beschränkte Tanne ist nach Engelmann wahrscheinlich die größte bekannte Tanne, die auf feuchteren Standorten in Gesellschaft von Erlen und Pappeln 60—92 m Höhe erreicht. 1831 in Europa eingeführt, ist sie seit einiger Zeit in den Kreis der preußischen Anbauversuche einbezogen worden. Sie beansprucht eine ziemliche Menge von Bodenfeuchtigkeit und zeichnet sich durch spätes Austreiben und unter zusagenden Bedingungen durch enorme Raschwüchsigkeit aus (zu Gadow im nordwestlichsten Brandenburg im Park des Grafen Wilamowitz, 26 m bei einem Alter von höchstens 25 Jahren!).

4. A. cóncolor Lindley et Gordon. Koloradotanne, amerikanische Silbertanne. (Syn. A. lasiocárpa Lindl.). Nadeln biegsam, ziemlich locker, sehr lang, 3—8 cm, beiderseits gleichfarbig, matt graugrün, an Seitentrieben nach der Oberseite des Triebes gekrümmt. Zapfen vor der Reife grünlich, 7—14, durchschnittlich 7 cm lang und 4—5 cm dick mit versteckten Deckschuppen. — Dieser Gebirgsbaum Kaliforniens und Kolorados erreicht an den günstigsten Standorten seiner Heimat riesige Höhen, bis 75 m bei nur 1,8 m Durchmesser (Mayr). 1851 in Europa eingeführt, ist diese durch ihre silbergrüne Färbung einzig schöne Tanne wenigstens in der Jugend nächst A. grandis die raschwüchsigste unter den eingeführten Abiesarten, völlig frosthart und ziemlich spät austreibend; in Gadow (vgl. 3) 27 m hoch bei einem Alter von ca. 30 Jahren und einem Umfange von 2,10 m. Sie liebt kräftigen, milden, frischen, selbst etwas feuchten Boden und ist nur gegen zu tiefes Einpflanzen wegen ihrer flach streichenden Faserwurzeln etwas empfindlich, auch ist ihre Fähigkeit, Beschattung, besonders Ueberschirmung zu ertragen geringer als bei andern Tannen.— Sehr beliebter Zierbaum.

§ 39. II. Reihe. Harzgänge der Blätter nicht blühender Triebe im Parenchym. Knospen stets mit Harz bedeckt. — Keine mechanischen Zellen im Zentralstrang der Blätter.

5. Abies sibírica Ledebour. Sibirische Tanne (Syn. A. Píchta Forbes). Knospen wie bei balsamea. Nadeln 15—30 mm lang, kaum über 1 mm breit, weich, gerieben aromatisch, sehr dicht stehend, an jüngeren Trieben oberseits sich deckend, an älteren gescheitelt; weiße Streifen der Unterseite aus 3—4 Spaltöffnungsreihen bestehend. Zapfen ca. 6 cm. — Der im nordöstlichen Rußland und in Nordasien bis zum Polarkreise Wälder bildende Baum mit schlaff abwärts hängenden Aesten hat schmale, kegelförmige Krone und wird bis 40 Meter hoch; 1820 in Europa eingeführt, bleibt sie hier viel kleiner; äußerst winterharter, zierlicher Parkbaum. In der Ebene frühzeitig austreibend. Zu forstlichen Anbauversuchen nur in den Alpen oberhalb der Fichten- und Tannengrenze verwendet.

Bei den preußischen Anbauversuchen hat sich von den Tannen Abies concolor durch Raschwüchsigkeit am besten bewährt. Die andern fremden Tannenarten besitzen weder waldbaulich noch hinsichtlich ihrer Holzqualität Vorzüge vor der Weißtanne, doch verdienen sie aus Schönheitsrücksichten volle Berücksichtigung.

§ 40. Tsuga, Hemlockstanne. Zweige und Gipfeltriebe nickend, keine Astquirle. Nadeln meist flach, einzeln auf Blattkissen an Langtrieben, mit nur einem Harzgang im Kiel (unter dem Gefäß-

bündel). Zapfen klein, hängend, als Ganzes abfallend, Fruchtschuppen lederig, am Rande verdünnt. Deckschuppen versteckt. Samen (wie bei Abies) mit Harzbläschen und bleibendem Flügel. — 7 Arten in Ost- und Süd-Asien und Nord-Amerika. Schatthölzer. Holz ohne Harzkanäle, mit dunklerem Kernholz, Markstrahlen wie bei der Fichte.

1. Tsuga canadénsis Carrière. Hemlockstanne, Schierlingstanne. Ein Waldbaum frischer und nasser Lagen des kälteren Nordamerika, 20—30 Meter Höhe erreichend, 1736 in Europa eingeführt, völlig winterhart. Junge Triebe dicht zottig. Nadeln, besonders oberwärts fein gesägt, stumpf, auf der Oberseite kurz, dem Zweige anliegend, auf der Unterseite 10—15 mm lang, gescheitelt. Zapfen 1,7—2,5 cm lang, Samenflügel kaum 1 ⅓ mal so lang wie der Samen. — Verbreiteter zierlicher Parkbaum, der freistehend zur Zerteilung des Hauptstammes neigt und sich im tiefen Halbschatten noch gut entwickelt, besser wie die Tanne und ähnlich der Eibe.

2. Tsuga Mertensiána Carrière. Westliche Schierlingstanne. Schlanker Waldbaum des westlichen Nordamerika, 30—70 Meter Höhe erreichend, von canadensis durch den die Schuppen weit überragenden Stiel der männlichen Blüte (bei c. in den Schuppen versteckt) und den Samenflügel, der doppelt so lang wie der Same, verschieden. Belaubung üppiger, aber in milderen Lagen weniger hart, weil sie da wegen der langen Vegetationsdauer mehr von Früh- wie Spätfrösten leidet und die Triebspitzen stärker zurückfrieren; im übrigen ist sie winterhart. 1851 in Europa eingeführt. Wegen der vielen feinen Faserwurzeln läßt sie sich älter als vierjährig kaum verpflanzen.

§ 41. Pseudotsúga. Douglastanne. Die Zapfen sind endständig an vorjährigen Zweigen oder achselständig zwischen den obersten Blättern, zur Reife hängend, und fallen als Ganzes ab. Die tief dreispitzigen, schmalen, weit hervorragenden Deckschuppen mit längerer Mittelspitze verdecken zur Blütezeit die kleinen Fruchtschuppen nahezu und wachsen später nur noch unbedeutend, werden aber steif holzig, während die Fruchtschuppen sich stark vergrößern, aber wenig verdicken. Die Pollenkörner sind ohne Flugblasen, die kleinen, hartschaligen Samen ohne Harzbläschen, mit dem Flügel verwachsen, reifen im Herbst und fliegen alsbald aus den sperrig sich öffnenden Zapfen aus. Die, an trockenen Zweigen ziemlich fest haftenden, flachen, tannenähnlichen, oberseits mit einer seichten Rinne versehenen Nadeln stehen, meist gescheitelt, nur an Langtrieben, zeigen auf dem Querschnitt zwei seitliche, den Kanten genäherte Harzgänge an der Unterseite, aber, im Gegensatz zu Abies, nur ein einziges Gefäßbündel im Zentralstrang und lösen sich, wie bei den Tannen, mit kreisrunder oder querovaler Narbe von den Zweigen. — 3 Arten im westlichen Nordamerika, 1 in Japan.

1. *Pseudotsúga Douglásii Carrière. Douglasia, Douglas-Fichte, Douglastanne. Junge Triebe anfangs hellorange, dann rotbraun, glatt mit sehr kurzen, rauhen Härchen. Knospen harzlos, länglich oval, sehr zugespitzt, glänzend kastanienbraun. Nadeln 2 bis 3 cm lang, 1—1 ½ mm breit, gerade, selten etwas gekrümmt, stumpflich oder einfach zugespitzt, oberseits matt dunkelgrün, unterseits glänzend hellgrün. Zapfen 5 bis 11 cm lang, 2,5—3 cm dick, reif rötlich zimmtbraun. Die Samen sind entflügelt bis 5 mm lang und 3 mm breit mit doppelt so langem Flügel, dreieckig, scharfkantig, unten in ein stumpfes, oft gekrümmtes Spitzchen verschmälert, oben glänzend rotbraun, unten

blaß und weiß punktiert; ein Kilo entflügelten Samens enthält 82 000—98 000, im Durchschnitt 90 000 Körner.

In der Wuchsform gleicht die Douglasia mit spitzkegelförmiger Krone völlig unserer Fichte. Das Wurzelsystem hat anfänglich eine kräftige Pfahlwurzel und kann sich, je nach Standort nach Mayr sehr anpassungsfähig, später sehr verschieden entwickeln.

Die Mannbarkeit tritt in der Regel vom 30., bei frei erwachsenden Bäumen oft schon vom 10. Jahre ab ein. Die Keimung erfolgt im Frühling nach 3—4 Wochen, doch liegt der Samen mitunter teilweise bis zum 2. Frühjahr über. Das Keimpflänzchen hat 5—7 dreikantige Keimnadeln und wird im 1. Jahre bis zu 10, im 2. bis zu 20 cm hoch, sein Leittrieb zeigt zahlreiche, unregelmäßig verteilte, kräftige Seitenknospen, die nach etwaiger Zerstörung der Gipfelknospe sofort zu neuen Gipfeltrieben emporwachsen können, von da an entwickelt sich die Douglasia rasch weiter und scheint ihr Maximum zwischen dem 10. und 20. Jahre zu erreichen, in welcher Periode meterlange Triebe sehr häufig vorkommen. In den Wald wird sie gewöhnlich 2—4jährig verschult gebracht und überholt auf zusagenden Standorten alle heimischen Holzarten. Auf gutem Standorte kommt in der Regel in den ersten Lebensjahren (etwa bis zum 10.) zu dem Frühjahrstrieb noch ein zweiter nicht immer genügend verholzender Höhentrieb (Johannistrieb) hinzu, der in der Regel aus einer Seitenknospe am Gipfel des Haupttriebs entspringt. In seiner Heimat erreicht der Baum schon mit 80 Jahren (unter günstigsten Verhältnissen) eine Höhe von 40 Meter bei 80—90 cm Durchmesser, später je nach Standort 60, 70—80, ja selbst 100 Meter Höhe und bis zu 4 Meter Durchmesser bei vielhundertjährigem Alter. Auf schlechtem Boden wird nur eine Höhe von 30 Meter und darunter erreicht. In unseren Waldungen ist kein anderer Ausländer in gleichem Umfange angebaut worden und hat sich keiner so viele Freunde erworben. Bei Bezug des Samens von der richtigen Stelle (grüne Douglasie aus Oregon und Washington) hat sie die hohen Erwartungen, die man auf ihren Anbau gesetzt hat, in vollem Maße gerechtfertigt und ihr Anbau im großen Betriebe kann nach Schwappach auf mittleren und besseren Böden nur dringend empfohlen werden. Ihre Einbürgerung wiegt allein die für die gesamten großen Anbauversuche in Preußen angewandten Kosten reichlich auf. Nur im nordwestdeutschen Küstengebiet und in dem von Schleswig-Holstein hat sie versagt, weil sie die heftigen Seewinde nicht verträgt.

Das Holz der Douglasia, das nach Mayr in seinen geringsten (leichtesten) Sorten unserem besten Fichten- und Tannenholze gleicht, in seiner besten Beschaffenheit dem einheimischen Lärchenholz nahe kommt, zeigt einen schmalen, hellen Splint (bis 3 cm) und ein Kernholz, welches sich bei der Fällung des Baumes durch seinen hellbraunen Farbenton nur wenig vom Splint abhebt, aber rasch unter der Einwirkung von Licht und Luft bis zur Färbung des Gebirgslärchenholzes nachdunkelt. Mikroskopisch zeigt es Harzgänge wie das Fichtenholz und ähnliche Markstrahlen wie jenes, in denen aber oft je 2 Harzgänge (i) verlaufen. Nahe der Jahrringgrenze finden sich in Längsreihen angeordnete Parenchymzellen (p). Vor allem aber ist das Holz durch die spiraligen Wandverdickungen der Tracheiden von dem Fichten- und Lärchenholz unterschieden. Die Rinde, anfänglich glatt und grau, oft auffallend reich an Harzbeulen, bildet im Alter eine mächtige Borke, die bis 20 cm und darüber an Dicke erreicht und der Hauptsache nach aus ockergelben Korkschichten besteht.

Die Douglasia ist der wichtigste Waldbaum des westlichen Nord-Amerika, durch die Fähigkeit, sich den verschiedensten Standortsvehrältnissen anzupassen,



ausgezeichnet. 1827 in Europa eingeführt. Auf frischem, mildem, humosem Lehmboden gedeiht sie bei uns am besten, auch auf lehmhaltigem, genügend frischem Sandboden gedeiht sie noch gut und begnügt sich überhaupt mit Böden der verschiedensten Art und geognostischen Herkunft mit Ausschluß des Dünensandes, ständig vernäßter Standorte, mageren Sand- und strengen Tonbodens. Zu vollkommenem Gedeihen setzt sie ein größeres Maß von Luft- und Bodenfeuchtigkeit voraus. Sie ist eine Schattenholzart ähnlich der Fichte; die Nadeln bleiben an günstigen Standorten ca. 8 Jahre am Leben. Jüngere Pflanzen sind, namentlich

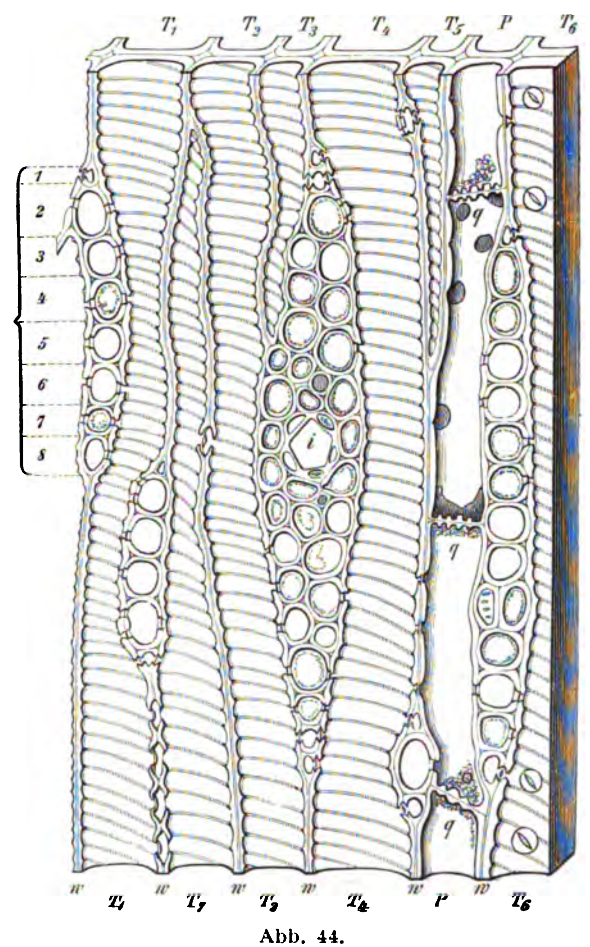



Abb. 44.
Holz von Pseudotsuga Donglasii im tangentialen Längsschnitt. $t_1$ bis $t_6$ Frühholztracheiden mit spiraligen Wandverdickungen; pp eine Reihe von Holzparenchymzellen. ww längs durchschnittene Radialwände. Die Längswand w zwischen $t_1$ und $t_7$ unten zeigt längs durchschnittene Hoftüpfel. Der mehrreihige Markstrahl in der Mitte führt einen zentralen Harzgang, die zwei obersten und die zwei untersten Zellen dieses Markstrahls (mit Hoftüpfeln auf den Längswänden) sind tracheidale Markstrahlzellen; bei den einreihigen Markstrahlen trägt nur die oberste und unterste Zelle tracheidalen Charakter, bei dem bezifferten Markstrahl links nur die oberste Zelle; die mittleren Zellen sind parenchymatische Markstrahlzellen. Vergr. 300 (nach Wilhelm).

wenn der Johannistrieb nicht ausreift, der Frostgefahr ausgesetzt, ältere in genügend luftfeuchter Lage vollkommen winterhart. Infolge des Vorhandenseins zahlreicher schlafender Augen vermag die Douglasia die verschiedenartigsten Beschädigungen

durch ein Reproduktionsvermögen auszuheilen, das, von der Eibe abgesehen, von keinem unserer Nadelhölzer erreicht wird.

2. Pseudotsuga glaúca Mayr wurde früher meist als Varietät der ersteren angesehen, ist im Felsengebirge von Kolorado usw. einheimisch, völlig frosthart, ohne Johannistrieb, viel trägwüchsiger und nur die halbe Höhe der ersteren erreichend. Die unteren Zweige sind nach Schwappach[1]) bei jüngeren Pflanzen unter einem Winkel von 45° nach oben gerichtet, während sie bei D. Douglasii fast horizontal abstehen. Auch als Nutzholz soll sie weit hinter der Küstenart zurückstehen. Die Nadeln sind kürzer, blau — weißgrün und liegen dem Triebe mehr an, Zapfen kürzer (5 : 2½ cm), Deckschuppen desgl., vielfach gegen die Zapfenbasis sich krümmend.

§ 42. Die Lärchen (Larix). Die Lärchen besitzen Lang- und Kurztriebe. Die weichen, sommergrünen Nadeln stehen einzeln auf schwachen Blattkissen an der einjährigen Pflanze und an den einjährigen Langtrieben der älteren Pflanzen und in dichten Büscheln auf dicken Kurztrieben, die mehrere Jahre Nadelbüschel entwickeln. Die Hauptäste stehen nicht in Quirlen, sondern zerstreut. Die kurzgestielten, gelben, männlichen Blüten gehen aus einer ganzen Kurztriebknospe vorjähriger oder älterer Zweige hervor, die Pollensäcke springen schief der Länge nach auf. Die Pollenkörner haben keine Flugblasen. Die am Grunde von einem Nadelbüschel umgebenen weiblichen Blüten entwickeln sich nur aus dem oberen Teil einer Kurztriebknospe; die Deckschuppe ist groß, die Fruchtschuppe klein. Die Zapfen reifen am Ende des ersten Jahres. Die Samen sind mit dem breiten Flügel verwachsen. — 9 Arten (nur mit Zapfen sicher zu bestimmen!).

1. *Larix europaéa de Candolle (Syn. L. decídua). Gemeine Lärche, (franz. Mélèze). Junge Triebe ledergelb, glatt, Knospen stumpf eiförmig, an den Kurztrieben beinahe kugelig. Nadeln hellgrün, beiderseits mit Spaltöffnungen und 2 Harzgängen in den Kanten, an üppigen Langtrieben — 5 cm lang und 1½ mm breit, an älteren Bäumen meist nicht über 2 cm lang und wenig über 1 mm breit, lineallanzettlich, fein zugespitzt, am Grunde wenig verschmälert, auf der Unterseite stärker gewölbt; an Kurztrieben durchschnittlich länger aber schmäler, die kürzeren Nadeln außen, die längeren innen stehend, stumpfer, nach unten zu stark verschmälert, größte Breite über der Mitte, meist beiderseits gleichmäßig gewölbt. Männliche Blüten eiförmig kugelig, ½—1 cm lang; weibliche Blüten 1—2 cm lang, mit karminroten Deckschuppen, welche die kleinen, bleichgrünen, rötlich umsäumten Fruchtschuppen völlig verdecken. Nach der Bestäubung vergrößern sich die Fruchtschuppen rasch und die Deckschuppen vertrocknen. Zapfen 2½—4 cm lang, 2 cm breit, hellbraun. Samen verhältnismäßig klein, dreieckig, ca. 3½ (bis 5) mm lang mit doppelt so langem, schief abgerundetem Flügel. 1 Kilo enthält 120 000—130 000, im Durchschnitt 125 000 geflügelte und 160 000 entflügelte Samen. Auf den Hektoliter gehen 16—18 Kilo geflügelte, 48—52 Kilo entflügelte Samen.

Die Mannbarkeit tritt bei der Kulturlärche frühe, im freien Stande oft schon mit 10—15 Jahren, im allgemeinen aber nicht vor dem 20. Jahre ein, in Gebirgslagen oft erst mit dem 30. Jahre. Die Blütezeit fällt mit dem Nadelausbruche zusammen. Die im Oktober-November reifenden Samen fliegen erst im folgenden Frühjahre zum Teil aus, zum Teil bleiben sie noch in den Zapfen. Die

1) Mitt. d. D. dendrol. Ges. 1907 S. 122.

lederig-holzigen Zapfen bleiben nach dem Ausfliegen der Samen noch einige Jahre am Zweige haften. In tieferen Lagen kommt ca. alle 3—5 Jahre ein Samenjahr, im höheren Gebirge alle 6—10 Jahre. Die Keimkraft der Samen beträgt im allgemeinen nur 20—30%, in Norddeutschland selten mehr als 10 bis 12%, in den baltischen Provinzen und ebenso von auffallend frühe mannbaren Bäumen sind die Samen meist alle taub. Bei guter Aufbewahrung behalten die Samen 3—4 Jahre ihre Keimkraft, aber schon zweijähriger Samen keimt schwerer und später als einjähriger. Die Keimung erfolgt 3—4 Wochen nach der Aussaat. Das zarte Keimpflänzchen hat 5—7 bläulichgrüne, dreikantige, ca. 1½ cm lange Keimnadeln. Im ersten Jahre kann die junge Pflanze schon 10—15 cm und darüber (bis 60 cm!) (die Pfahlwurzel bis 27 cm lang) werden; sie bildet einige Seitenknospen, die im 2. Jahre zu Kurztrieben auswachsen und schließt mit einer Gipfelknospe ab, unter welcher die Nadeln den Winter über am Leben bleiben. Die reichlichere Entwicklung von Kurztrieben beginnt in der Regel nicht vor dem 3. Lebensjahre, in welchem die Pflanzen nicht selten über 1 Meter Höhe erreichen. Mit 10 Jahren kann sie schon über 4, mit 20 Jahren schon über 8 Meter, mit 60 über 25 Meter bei entsprechender Stärke haben.

Bei 5—20 jährigen Lärchen kommen mitunter bis meterlange Längstriebe vor, doch wird die Lärche, obwohl sie in der Jugend mit Ausnahme von Birke und Aspe alles weit überholt, im 20.—30. Jahre gewöhnlich von der Fichte eingeholt und überwachsen. Je nach Lage und Klima beendet die Lärche ihren Höhenwuchs nach 60—150 Jahren mit 20—30 (40) Meter und reinigt sich, auch im Freistande, bis ziemlich hoch hinauf von Aesten. Unter günstigen Umständen wird sie an ihren natürlichen Standorten viel älter, höher (bis 52 m) und stärker. Bei Blitzingen 1350 m üb. M. im Oberwallis steht eine Lärche von 29 Meter Höhe und 7½ Meter Umfang in Brusthöhe (cf. Baumalbum der Schweiz), bei Saas-Fee im Wallis (1850 m) habe ich Lärchen gesehen, die bei ca. 20 Meter Höhe und 3—4½ Meter Umfang ein Alter von 600 bis 700 Jahren erreicht hatten und dabei bis zum innersten Jahresring gesund waren!

An den Langtrieben trägt etwa der 10.—6. Teil der Nadeln Achselknospen, ein endständiger Knospenquirl wird nicht gebildet. Im Frühjahr entwickeln sich aus den Achselknospen zunächst Kurztriebe und die älteren Kurztriebe treiben gleichfalls Nadelbüschel; einen Monat später wächst ein Teil der jungen und alten Kurztriebe zu neuen Langtrieben aus (Abb. 10 Fig. 6). Bei üppigen jungen Pflanzen, besonders bei L. leptolepis, entwickeln sich nach meinen Beobachtungen nicht selten fast sämtliche Achselknospen der jungen Langtriebe noch im gleichen Jahre zu Kurztrieben, von denen einzelne sofort wieder zu Langtrieben auswachsen. Das Alter einer jungen Lärche ist somit aus der Verzweigung durchaus nicht zu ermitteln. Mitunter wachsen auch einzelne Zapfen zu Langtrieben von kurzer Lebensdauer aus (durchwachsene Zapfen). Die Kurzzweige entwickeln nur wenige Jahre nach einander Nadelbüschel und stellen dann ihr weiteres Wachstum ein, während ihre Endknospe als schlafendes Auge noch lange Zeit am Leben bleiben kann, das reichliche Ausschlagvermögen der Lärche bedingend. Das kräftige, anfangs meist mit Pfahlwurzel versehene Wurzelsystem besteht später hauptsächlich aus einigen tief gehenden, reichverzweigten „Herzwurzeln", welche der Lärche einen ungleich festeren Stand gewähren, als ihn Fichte und Tanne besitzen.

Das feste, zähe und elastische Holz hat einen schmalen, gelben Splint und einen mehr oder weniger braunroten Kern. Das dunklere Spätholz der Jahrringe ist nach beiden Seiten hin scharf abgesetzt. Am wertvollsten ist das gleichmäßig engringige Holz der Hochgebirgslärchen („Stein"- oder „Jochlärchen") im Gegensatz zu den in den fruchtbaren Tälern erwachsenen „Graslärchen". Im anato-

mischen Bau stimmt das Lärchenholz mit dem Fichtenholz überein. Die Markröhre ist sehr eng. Durch die regellos auftretenden Aeste sind Bretter des Lärchenholzes leicht von denen des Kiefernholzes zu unterscheiden. Die anfänglich aschgraue, glatte Rinde bildet frühzeitig bei ca. 10 cm Stammdurchmesser Borke, die innen dunkel braunrot ist, an älteren Bäumen bis 15 cm und darüber dick werden kann und deren einzelne Korkschichten schön karminrosa gefärbt sind.

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Lärche umfaßt die ganzen Alpen, die Karpathen und das schlesisch-mährische Gesenke, wo sie in Mischung mit Fichten und Arven oder allein in der höchsten Waldregion bis zur Krummholzzone emporsteigt (Bayr. Alpen bis 2000 Meter, Wallis, Engadin und Tirol bis 2300 und 2400, Gesenke aber nur von 300 bis 800 Meter). Durch Kultur ist dieser Hochgebirgsbaum über ganz Deutschland und Mitteleuropa, bis nach Schottland und Norwegen (bis zum 69°), den baltischen Provinzen und bis ins mittlere Rußland verbreitet worden.

Hinsichtlich ihrer Lebensansprüche meidet sie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet Sturmlagen und bevorzugt geschützte Hänge, liebt als ausgesprochenste Lichtholzart, — die durch ihren Schatten nicht leicht einen andern Baum unterdrückt, aber im Schatten eines jeden anderen Waldbaumes leidet, — räumliche Stellung, raschen Uebergang vom Winter zum Sommer und ausgiebige Besonnung. Ihre Bodenansprüche stehen zwischen Tanne und Fichte; Tiefgründigkeit, mäßige Frische und mittlere Lockerheit des Bodens und steter Luftwechsel sind wesentliche Bedingungen ihres Gedeihens.

Die Variationsfähigkeit der Lärche ist gering. An wildwachsenden Bäumen sind beobachtet: 1. Abänderungen in der Färbung der weiblichen Blüten, rötlichgelb oder rot bei der var. rubra in hohen Lagen Niederösterreichs, grünlichweiß—schneeweiß bei der var. alba in der Schweiz und in Kärnthen. 2. Von Spielarten ist am häufigsten das Lusus globósa L. Klein, die Kugel- und Hexenbesenlärche, z. T. reichlich Zapfen tragend, von denen ich namentlich Bäume mit ausgesprochenen, recht verschieden gestalteten Gipfelhexenbesen (wie bei der Kugelfichte) bei Zermatt und besonders im Oberengadin bei Pontresina und Silvaplana mehrfach gefunden habe. In Steiermark[1]) ist die Schlangenlärche, Lusus virgáta, ausgezeichnet durch spärliche Entwicklung von Langtrieben und fast vollständiges Fehlen der für die Lärche so charakteristischen abwärts hängenden Zweige einmal gefunden worden. 3. Von Standortsformen sind zu erwähnen: Verbißlärche, Kandelaberlärche, oft in prächtigen Exemplaren mit mehrfach sich wiederholender Sekundärwipfelbildung, mit und ohne aushaltendem Hauptstamm, nicht selten auch mit „Astkerzen" (vgl. Klein III), Fahnen- und vor allem Säbelwuchs (die Neigung, sich unter dem Einfluß des Windes an der Stammbasis säbelförmig zu krümmen).

2. Lárix leptolépis Gordon. Japanische Lärche. Hondo-Lärche. Junge Triebe glänzend rötlichbraun. Nadeln bläulichgrün, an Kurztrieben durchschnittlich 3, an Langtrieben 3½ cm lang. Deckschuppen der weiblichen Blüte im Verhältnis zur Fruchtschuppe groß, gelbgrün mit rotem Rande. Reife Zapfen je nach Standort 1½—3½ cm lang, rötlich hellbraun mit sehr zarten, am Rande etwas zurückgeschlagenen Samenschuppen, die jetzt doppelt so lang als die vertrockneten Deckschuppen sind. Keimpflanze mit 4—6 Keimnadeln, auf welche unmittelbar die Längs-

1) Abgebildet bei Hempel und Wilhelm l. c. p. 113.



triebnadeln ohne Stillstand in der Entwicklung folgen. — Dieser in Zentraljapan einheimische Baum 1. Größe (bis 30 m) wurde 1861 in Europa eingeführt und ist vollständig winterhart. Forstlich vielfach versuchsweise angebaut, zeichnet sie sich durch große Raschwüchsigkeit in der Jugend aus, in der sie Seitenschutz liebt. Ihr Höhenwuchs erlahmt zwar frühzeitig, doch bleibt sie auf kräftigem Boden, und nur auf solchen gehört sie, nach Schwappach bis zum Alter von 25 Jahren gegen die einheimische Lärche vorwüchsig und meist auch widerstandsfähiger gegen Lärchenmotte und Krebs.

### Die Kiefern. (Pinus), (franz. Pin.)

§ 43. Die Kiefern besitzen Lang- und Kurztriebe. Die Langtriebe tragen nur an einjährigen (seltener auch noch an 2—4 jährigen) Pflanzen spiralig angeordnete Einzelnadeln. Die Langtriebe älterer Pflanzen tragen nur trockenhäutige Schuppenblätter, in deren Achseln die nadeltragenden Kurztriebe stehen. Diese Schuppenblätter sind nichts anderes als die Knospenschuppen der Winterknospen. Die Kurztriebe beginnen stets mit etwa 10 Niederblättern, von denen die untersten braune Schuppenblätter sind, während die folgenden immer länger und dünner werden und die sog. Nadelscheide bilden. Am Ende der äußerst kurzen und dünnen Kurztriebachse steht, je nach Spezies, (Abb. 10 Fig. 2) ein Büschel von 2, 3 oder 5 halbstielrunden oder dreikantigen Nadeln von mehrjähriger Lebensdauer. Die männlichen Blüten stehen an Stelle von Kurztrieben traubenförmig gehäuft an der Basis der neuen Langtriebe. Die Pollensäcke springen der Länge nach auf; die Pollenkörner besitzen zwei seitliche Flugblasen. Die kleinen weiblichen Blüten (Abb. 11, Fig. 1) an der Basis von Knospenschuppen umgeben, aus Quirlknospen entstanden, stehen am Ende neuer Triebe, entweder einzeln scheinbar endständig (neben der Endknospe subterminal, wenn nur eine Quirlknospe zur weiblichen Blüte wird), zu zweien gegen- oder zu mehreren quirlständig. Die Zapfen sind zuletzt meist hängend und reifen im zweiten oder dritten Jahre. Die Deckschuppen sind von Anfang an kleiner als die fleischigen Fruchtschuppen. Die Fruchtschuppen schließen bis zur Samenreife fest zusammen und tragen an dem meist verdickten Ende eine scharf abgesetzte, an der Außenfläche des Zapfens sichtbare Endfläche, die Apophyse, auf der sich meist ein Höcker, der Nabel befindet. Die Samen besitzen einen schmalen Flügel, der mit seiner Basis den Samen zangenartig umfaßt (Abb. 47); seltener ist der Flügel verkümmert. Die

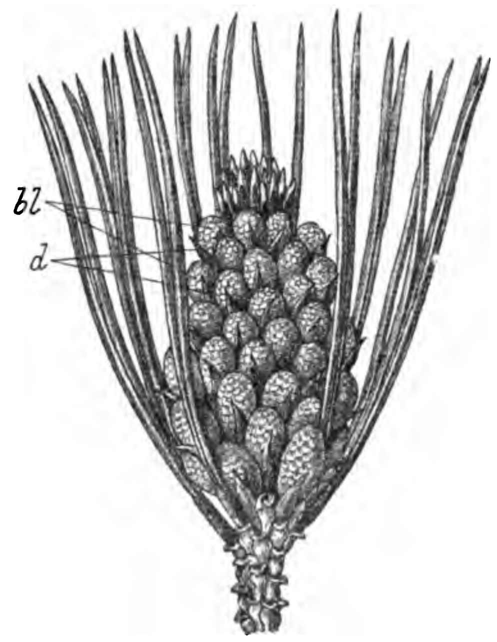


Abb. 45.
Männliche Blüten (bl) von Pinus in den Achseln von Niederblättern (Knospenschuppen) (d) an der Basis eines diesjährigen Triebs. Jede Blüte steht an Stelle eines Kurztriebs. — Nat. Größe (aus Hempel und Wilhelm).

Verzweigung des Stammes wie der Aeste erfolgt nur durch Quirlknospen, die zu drei oder mehreren unter der Endknospe stehen. Zwischenknospen fehlen den Kiefern vollständig und die Krone der jungen Kiefer ist infolgedessen ganz regelmäßig aus Astquirlen aufgebaut, welche diese Verzweigung wiederholen. Als ausgesprochene Lichtholzarten reinigen sich die Kiefern weit hinauf von Aesten, die Krone veılichtet sich gleichfalls und verliert ihren für die junge Pflanze so charakteristischen regelmäßigen Bau schließlich vollständig. indem mit höherem Alter meist einzelne Seitenäste sich stärker als der Gipfel entwickeln. Die alte Krone wird so immer unregelmäßiger, laubholzähnlicher oder wölbt sich mehr und mehr ab, bei der Pinie bis zur vollkommenen Schirmform. Die meisten Kiefern besitzen eine starke Pfahlwurzel und kräftige, weit streichende Seitenwurzeln. Das Holz ist reich an Harzkanälen, Splint und Kernholz sind gewöhnlich verschieden gefärbt.

Die Kiefern sind immergrüne Waldbäume der nördlichen gemäßigten Zone bis zur Polargrenze des Baumwuchses und überschreiten nur in den Gebirgen den Wendekreis. Ca. 80 Arten.

### 1. Sektion Pináster.

Zapfenschuppen fest, dick und holzig. Apophyse rhombisch, durch einen queren Kiel in ein oberes und unteres Feld geteilt. Nabel in der Mitte des Kiels. Zentralstrang der Nadeln zwei nebeneinander liegende Gefäßbündel enthaltend.

#### a) Zweinadelige Kiefern (Subsektion Pinea).

Die Kurztriebe tragen normalerweise 2 (selten 3 oder nur 1) Nadel. Mit Ausnahme von P. Cembra und P. Peuce gehören alle europäischen Kiefern hierher.

§ 44. 1. * Pínus silvéstris Linné. Gemeine Kiefer, Föhre. Forche, Weißföhre ist nächst der Fichte der verbreitetste Waldbaum. Rinde der benadelten Zweige glatt, glanzlos, graugelb (scherbengelb), der älteren Aeste und jüngeren oberen Stammteile, etwa vom 10. Jahre ab, leuchtend rotgelb, in papierdünnen Streifen und Fetzen sich abschilfernd; im Alter eine dicke, innen rotbraune, außen graubraune Tafelborke. Knospen groß, 1—2 cm lang, spitz, eilänglich, meist nicht verharzt, mit grauen oder rötlichen, meist anliegenden Schuppen. Nadeln zweifarbig, außen dunkelgrün, auf der flachen Seite durch Wachsausscheidung meergrün, im allg. 4—6 cm lang, 2 mm breit, auf schlechtem Standort bis 2, bei besonders üppiger Entwicklung bis 8 cm lang, von der Basis zur Spitze meist um einen ganzen Umgang um ihre Längsachse gedreht. Epidermiszellen, wie bei allen andern Arten, außer P. montana, im Querschnitt so hoch wie breit mit punktförmigem Lumen; Harzgänge meist zahlreich, von einem Ringe auffallend dickwandiger Zellen umgeben, unmittelbar an die äußerste Zellschicht der Nadel grenzend; zwischen beiden Gefäßbündeln eine mächtige Sklerenchymzellgruppe. Männliche Blüten gelb, eiförmig, kaum 1 cm lang. Weibliche Blüten gestielt, einzeln oder zu zweien, rundlich eiförmig, bis 0,5 cm lang, mit kleineren, zarten, grünlichen Deckschuppen und größeren, fleischigen, mit hornartig vorstehender Spitze versehenen, grünen, rotüberlaufenen Fruchtschuppen (Abb. 11, Fig. 2—4). Nach dem Verblühen vertrocknen die Deckschuppen, die Zapfen krümmen sich abwärts, färben sich gelb-



lichgrau und wachsen bis zum Herbste nur unbedeutend. Im zweiten Frühjahr wachsen sie zu grünen Zapfen heran, welche im Oktober reifen und an *ziemlich langem* Stiele hängen. Reife *Zapfen* aus schiefem Grunde eikegelförmig, 2,5—7 cm lang und 2—3,5 cm dick, graubraun, *oft völlig glanzlos*. *Apophysen* auf der Lichtseite des Zapfens meist stärker hervorragend, bis 8 mm breit, größtenteils fast quadratisch, zum Teil 5- und 6 eckig, *mit flachem oder etwas konvexem Oberfeld*. *Nabel* in der Mitte der Apophyse, meist ohne Stachelspitze, klein, meist *hellbraun, glänzend, nicht schwarz umrandet*. Samen 3—5 mm, teils gelb, teils schwarzbraun, mit dem Flügel ca. 15 mm lang. Ein Kilo geflügelten Samens enthält 115 000—125 000, von entflügeltem 150 000—180 000 Samen. Von ersteren gehen 13—15 Kilo, von letzteren 40—45 Kilo aufs Hektoliter. — Bei der sog. „Zapfensucht" entstehen am unteren Teil des neuen Triebes Zapfen in sehr großer Zahl *an Stelle von männlichen Blüten*.

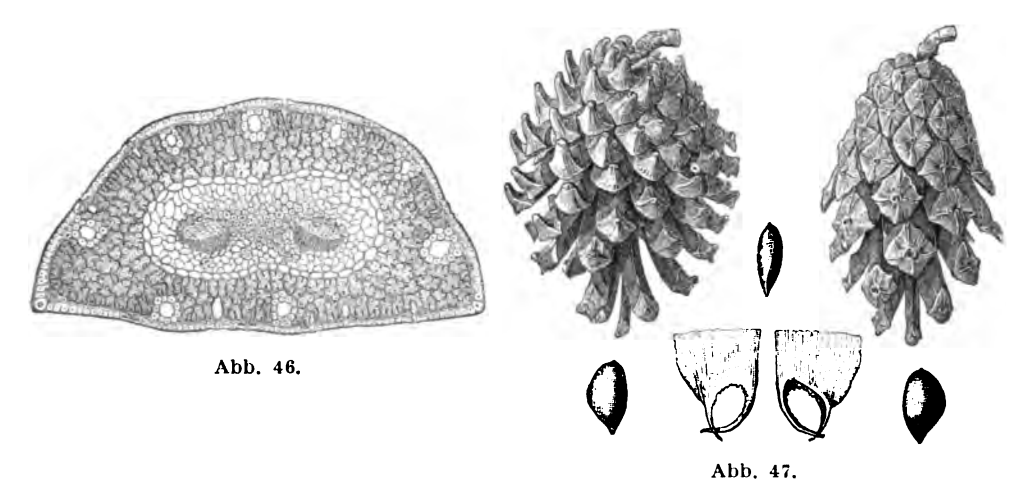



Abb. 46. Pinus silvestris. *Kurztriebnadel* im Querschnitt. Zahlreiche der Epidermis anliegende Harzkanäle. Vergr. 40 (aus *Hempel* und *Wilhelm*).

Abb. 47. *Pinus silvestris*. *Zapfen* und *Samen*. *Links* reifer Zapfen mit hackenförmigen Schuppenschildern (forma *reflexa*), *rechts* mit flachen Schuppenschildern (forma *plana*), ¾ der nat. Gr. In der Mitte unterer Teil des *Samenflügels* von oben und von unten nach Wegnahme des Samenkorns; darüber und rechts und links entflügelte *Samen*, alles in doppelter Größe (aus *Hempel* und *Wilhelm*).

Die *Mannbarkeit* tritt im Freistand schon mit 15—20 Jahren, im Schlusse zwischen dem 30. und 50., auf feuchten Böden gar erst zwischen dem 70. und 80. Jahre ein. Die Blütezeit fällt im Süden in den Mai, im Norden und im höheren Gebirge kann sich ihr Beginn bis Anfang Juni hinziehen. Die reifen Zapfen springen im März oder April des 3. Jahres auf, lassen die Samen ausfliegen und bleiben noch bis zum Herbste hängen. *Reiche* Samenjahre im Durchschnitt alle 3—4 (5) Jahre. Guter Samen hat eine Keimfähigkeit von 60—70%. Dauer der Keimkraft 3(—4) Jahre bei starker Abnahme der Keimprozente. Die Keimung erfolgt bei Frühlingssaat je nach Witterung, Lage und Boden in (2) 3—6 Wochen. Die *Keimpflanze* (Abb. 10, Fig. 1) besitzt einen Quirl von 4—7 bis 2 cm langen, *drei* kantigen, glattrandigen, bogig aufwärts gekrümmten Keimnadeln und entwickelt im ersten Jahre einen gewöhnlich ca. 5, unter besonders günstigen Umständen 8—10 cm langen Höhentrieb, welcher mit *einzeln* stehenden, schwertförmigen, an beiden Rändern

fein sägezähnigen Nadeln besetzt ist, mit einer gewöhnlich unter einem dichten Nadelbüschel versteckten Endknospe schließt und bei kräftigen Pflänzchen auch einzelne Achselknospen entwickelt, welche im zweiten, mitunter schon im gleichen Jahre zu zweinadeligen Kurztrieben, abnormer Weise auch zu Scheidetrieben (Abb. 48) auswachsen, in der Regel aber zu kurzlebigen, schlafenden Augen werden. Die Pfahlwurzel verlängert sich schon im 1. Jahre um das 3—4 fache des oberirdischen Pflänzchens, wie denn das Wurzelsystem überhaupt sich im 1. oder 2. Jahre besonders ausbildet. Im 2. Jahre erreicht das Pflänzchen eine Länge von ca. 13—16 cm. Der zweite Jahrestrieb beginnt mit einzeln stehenden, schwertförmigen Nadeln, auf die weiterhin solche mit 2 zweinadeligen Kurztrieben in den Achseln und schließlich nur noch Kurztriebe in den Achseln bald abfallender Schuppen folgen. Der zweite Jahrestrieb schließt mit einigen Quirlknospen unter der Endknospe ab. Im 3. Jahre beginnt die Entwicklung von Quirlästen und werden nur noch Kurztriebe in der Achsel von Schuppen gebildet. Das weitere Wachstum ist äußerst rasch und wird von den Nadelhölzern nur noch von der Lärche und der Weymouthskiefer übertroffen. Es erreicht je nach Standortsgüte zwischen dem 15. und 25. Jahre seinen



Abb. 48.
Kiefernzweig mit Scheidenknospen (nach Frank).



Abb. 49.
Rosettentrieb der Kiefer mit schwertförmigen, sägezähnigen Nadeln (nach Ratzeburg).

Höhepunkt, hält aber dann noch lange an. Im Durchschnitt erreicht die Kiefer unter mittleren Standortsverhältnissen in 80 Jahren ca. 20 m, bei günstigsten Verhältnissen bis 25 m, in mehrhundertjährigem Alter unter günstigsten Bedingungen bis zu 40 (48) m. Maximalalter ca. 600 Jahre. — Die Nadeln fallen samt den tragenden Kurztrieben gewöhnlich im Herbste des 3. Jahres ab, auf trockenem Boden, in trockener oder durch schweflige Säure u. dgl. verunreinigter Luft wie unter dem Einfluß salzhaltiger Seewinde schon im 2., in luftfeuchten Gebirgslagen auch wohl erst im 4. (5.) Jahre.

Die normale Verzweigung der Kiefer geht nur von den Quirlknospen aus. Die jungen Kurztriebe, welche schon in der Knospe angelegt sind, kommen gleichzeitig mit den Langtrieben zur Entfaltung, welch letztere anfänglich wie Kerzen aufrecht stehen. Die Endknospen der Kurztriebe entwickeln sich normalerweise nicht weiter; sie besitzen die Natur schlafender Augen und können sich nach dem Verlust der Nadeln (durch Raupenfraß z. B.) zu bleibenden, schmächtigen, kurz und dicht benadelten, normalen Langtrieben, den sog. „Scheidetrieben"

entwickeln. Von den Quirlknospen bleibt gewöhnlich die eine oder andere kleiner und schlafend, um sich nach starken Nadelbeschädigungen zumeist nur mit einzeln stehenden, schwertförmigen Nadeln besetzten Langtrieben, den „Rosettentrieben" zu entwickeln. Das Wurzelsystem der Kiefer entwickelt, wo es der Standort irgend gestattet, eine tief in den Boden eindringende, kräftige Pfahlwurzel und teils ziemlich weit und oberflächlich verlaufende, teils tief absteigende Seitenwurzeln.

Das Kiefernholz besitzt an starken Stämmen einen oft handbreiten, gelblich- bis rötlichweißen Splint und ein im allg. ⅔ des Querschnittdurchmessers umfassendes Kernholz, das nach dem Fällen anfänglich meist die gleiche

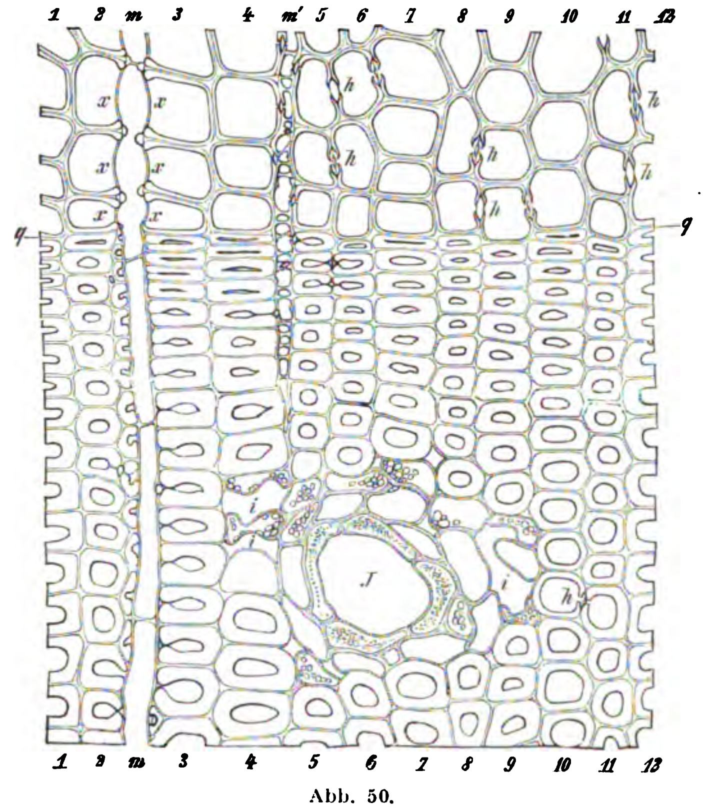



Abb. 50.

Holz von Pinus silvestris im Querschnitt. 1 bis 12 quer durchschnittene Tracheiden, qq Jahrringgrenze, oben Früh-, unten Spätholz. m einreihiger Markstrahl, in dem aus Parenchymzellen bestehenden Teile durchschnitten, m' desgl. in dem aus liegenden Tracheiden bestehenden Teile durchschnitten. J Harzkanal, ii Interzellularräume (bei der Präparation entstanden). h Hoftüpfel, x große, einfache Tüpfel, quer durchschnitten. Vergr. 300 (nach K. Wilhelm).

Farbe zeigt, später aber deutlich rotbraun wird. Die Spätholzschichten der Jahresringe treten wie beim Lärchenholz deutlich hervor. Durch die in Jahrestriebentfernung stehenden Astquirle lassen sich Kiefernbretter von Lärchenbrettern leicht unterscheiden. Das Holz ist reich an Harzkanälen, die größer als bei der Fichte und Lärche und meist schon mit freiem Auge zu erkennen sind. Die Markröhre ist im Gegensatz zur Lärche sehr stark, bis 4 mm. Die randständigen Zellen der Markstrahlen zeigen wie bei der Fichte und Lärche Tracheidencharakter

mit kleinen Hoftüpfeln, sind aber von jenen auf dem Radialschnitt leicht durch die zackigen, kammähnlichen Wandverdickungen zu unterscheiden. Außerdem korrespondieren die Markstrahlparenchymzellen mit den angrenzenden Tracheiden durch sehr große, fast die ganze Breite des Tracheidenlumens einnehmende Tüpfel.

Das geographische Verbreitungsgebiet der Kiefer ist ein außerordentlich großes; es geht von der Sierra Nevada (37°) in Spanien, von Oberitalien und von Siebenbürgen bis zum 70° an der Westküste Norwegens und gegen 69° in Lappland, weiter östlich durch Sibirien, dort nahe an den Polarkreis heranrückend, bis zum Amurgebiet und durch Kleinasien bis nach Persien, also weiter nach Norden und Osten als dasjenige der Fichte. In diesem ungeheuren Gebiet bildet die Kiefer, namentlich auf tiefgründigem Sandboden und insbesondere im norddeutschen Flachlande ausgedehnte Wälder, viel häufiger für sich allein als mit anderen

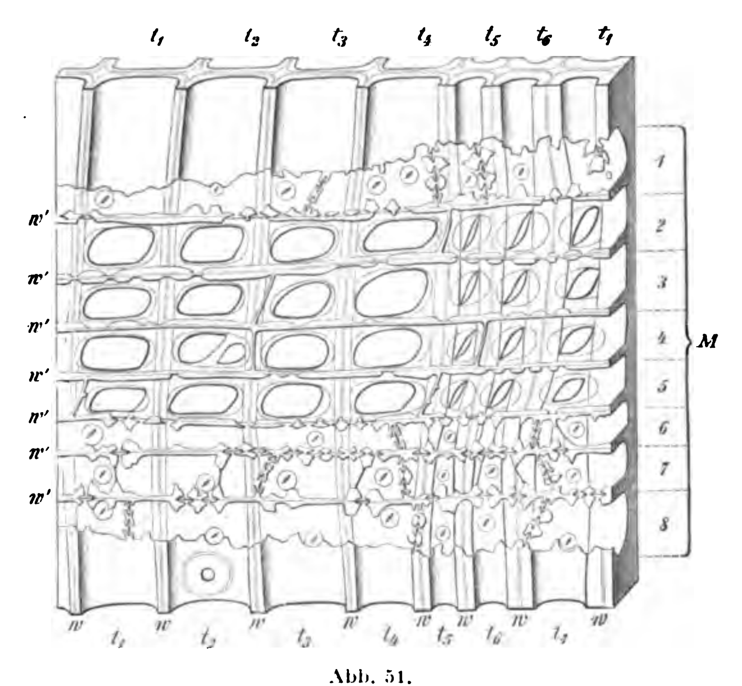



Abb. 51.
Holz von Pinus silvestris im radialen Längsschnitt. $t_1$ bis $t_7$ Tracheiden, w deren längs durchschnittene Tangentialwände. w' die durchschnittenen Horizontalwände der Markstrahlzellen. In der Mitte ein Markstrahl M aus 8 Zellreihen: 1 und 6, 7, 8 sind tracheidale Markstrahlzellen mit kleinen Hoftüpfeln und zackiger Wandverdickung; die Reihen 2 bis 5 bestehen aus parenchymatischen Markstrahlzellen, welche gegen die Frühholztracheiden 1 bis 5 mit großen, schwach behöften, gegen die Spätholztracheiden 5 bis 7 mit sehr deutlich behöften Tüpfeln versehen sind. — Vergr. 300 (nach Wilhelm).

Holzarten gemischt. In den Tiefländern der Nord- und Ostsee ist sie der herrschende Waldbaum. In Mittel- und Süddeutschland, in Oesterreich und der Schweiz, wo sich die Kiefer unter den verschiedenartigsten Bedingungen findet, ist ihr Anteil an der Waldbildung geringer und kommt sie vorzugsweise eingesprengt vor, bildet aber auch hier, namentlich in der Rheinebene, auf dem Hauptsmoor bei Bamberg und in der ungarischen Marchniederung ebenfalls ausgedehnte Waldungen. In der immergrünen Region des Mittelmeergebietes fehlt sie meist, ebenso im ungarischen Tieflande, in den Steppen Südrußlands und auf den dänischen Inseln. Im Gebirge

steigt sie nicht so hoch wie die Fichte, im Harz bis 350 m, im Thüringerwald bis 500 m, im Spessart und Odenwald bis 650 m, im Jura bis 770 m, im bayrischen Wald bis 950 m, im Schwarzwalde bis 1000 m, Karpathen und Vogesen bis 1200 m, in den bayr. Alpen und Apenninen bis 1600 m, Zentralalpen bis 1950 m und Pyrenäen bis 2000 m.

Was die Standortsansprüche anlangt, so geht schon aus der geographischen Verbreitung hervor, daß die Kiefer ein außerordentliches Anpassungsvermögen an klimatische Gegensätze besitzen und gegen Winterfrost wie Sommerhitze in gleichem Maße unempfindlich sein muß. Ebenso gehört sie hinsichtlich der Bodenansprüche wie der Ansprüche an Luftfeuchtigkeit zu den allerbescheidensten Holzarten und wird infolgedessen überall da angepflanzt, wo keine andere Hauptholzart mehr befriedigende Erträge liefert. Bei Beurteilung der Standortsansprüche ist nicht zu übersehen, daß eben viele Standorte der Kiefer nicht solche freier Wahl sind. Zu üppigem Gedeihen braucht sie immerhin reichlichen Sonnenschein zur Vegetationszeit, mäßige Bodenfrische, wenn sie auch zur Zeit größter Dürre vermöge ihrer tiefgehenden Bewurzelung ihren Wasserbedarf aus Bodenschichten zu decken vermag, die kein anderer Waldbaum mehr erreicht, und vor allem genügende Tiefgründigkeit und Lockerheit des Bodens ohne Rücksicht auf dessen geognostische Zusammensetzung. Auch bezüglich der Bodenverhältnisse zeigt die Kiefer eine ungemeine Anpassungsfähigkeit. Nur auf sehr bindigem Thonboden, heißem Kalkboden, sehr dürrem Sand und sumpfigem, namentlich torfigem Boden kümmert sie, ist aber immerhin meist die einzige Holzart, welche auf letzteren Bodenarten noch fortkommt. Als ausgesprochene Lichtholzart wird die Kiefer von den wichtigeren Holzarten nur durch die Birke und Lärche hinsichtlich der Empfindlichkeit gegen Beschattung übertroffen. Je geringer der Standort, desto größer ist diese Empfindlichkeit. — Die Kiefer ist kaum minder formenreich als die Fichte und neigt auch als Waldbaum stark zur Abänderung. Der praktische Forstwirt[1]) unterscheidet in dem ungeheuren Verbreitungsgebiet der Kiefer eine ganze Anzahl recht verschieden gearteter „physiologischer Rassen" fälschlich oft Varietäten genannt, mit in verschiedenem Maße erblichen Eigenschaften, wie Samenfarbe und Größe, Keimung, Jugendwuchs, Laubausbruch, Nadelfarbe und Nadelbau, Frostempfindlichkeit, Höhentrieb, Kronenform, Form und Stärke der Rinde, Dickenwachstum, Stammform und Gesamthabitus. Es sollte darum nur Saatgut der für den Standort geeigneten Rassen verwendet werden, weil der praktische Wert der verschiedenen Rassen je nach Standort ein außerordentlich verschiedener sein kann. Sehr vieles ist da noch gründlicher zu erforschen und besser zu begründen, doch läßt sich schon jetzt mit Bestimmtheit sagen, daß die Kiefer überall dazu neigt, zahlreiche verschiedene Stamm- und Kronenformen zu bilden, von der schlank kegelförmigen, fichtenähnlichen und dem schlanken hohen Stamm an bis zu dem groben Gebilde, das im unbenadelten Zustand eher einer in einer Sturmlage erwachsenen Eiche als einer Konifere ähnelt. Diese Formen kommen aber nicht überall in gleich guter Weise zur Entwicklung. In den südlichen und mittleren Lagen des norddeutschen Tieflandes, in Sachsen, Niederschlesien, Brandenburg, Teilen von Pommern und Posen und bis tief nach Russisch-Polen hinein herrschen die stark- und knorrästigen Baumformen vor, mäßig hohe Stämme mit mächtigen, abgewölbten Kronen, wenn auch die schlanken, fichtenartigen fast

1) Kienitz, Formen und Abarten der gemeinen Kiefer (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1911 H. 1).



nirgends fehlen. Je rauher das Klima wird, je weiter nach Norden oder Nordosten, oder je höher man auf die Berge steigt, bis zu den Grenzen natürlich, bei denen das Klima freudigen Baumwuchs nicht mehr gestattet, um so schlanker, fichtenähnlicher werden die Kiefern, obwohl solche mindestens vereinzelt überall vorkommen. Im nördlichen Teile der Mark (wo Kiefern bis 42 m vorkommen), in Westpreußen, Tucheler Heide, der Kassubei herrschen schon die schlanken Formen vor. Wir haben somit hier eine Naturauslese vor uns. Im sandigen Flachland mit mildem Klima werden sich alle möglichen zumeist breitkronigen Formen herausbilden. Im Buchenjungwuchs z. B. erweist sich Breitkronigkeit als Vorteil, in reinen Kiefernbeständen der Ebene haben die groben Gesellen unter den breitkronigen den bei weitem stärkeren Zuwachs. Im rauheren, schneereicheren Klima (Nordostdeutschland, Schwarzwald, bayrische Alpen) ist es die Schneebruchsgefahr, die die breitkronigen Formen im allgemeinen verdrängt und die schlanken, geradwüchsigen, kurzästigen Formen übrig läßt (Abb. siehe D. dend. Ges. 1911 S. 152).

§ 45. Nach Wuchs und Verzweigung usw. unterscheidet man bei uns wildwachsend folgende Spielarten:

a) Nach Wuchs und Verzweigung (sehr selten):

1. L. péndula Caspari. Trauerkiefern. Aeste größtenteils oder sämtlich hängend, die untersten mitunter dem Boden aufliegend, sehr selten in Brandenburg, Ostpreußen und Baden.

2. L. fastigiáta Carrière. (= erécta), Pyramiden- oder Steilkiefern. Aeste der (schmal)kegelförmigen Krone aufstrebend. Bis jetzt wild nur in Frankreich und Norwegen und einmal auch bei uns in Vorpommern (Graf Schwerin) gefunden.

L. compréssa Carrière, von vorstehender Form nur durch sehr kurze (1—2 cm lange) Nadeln unterschieden, in Graubünden, dürfte kaum mehr als selbständige Spielart weiter zu führen sein.

3. L. virgáta Caspary. Schlangenkiefern. Hauptäste (bei den bekannten Pflanzen aufrecht abstehend), zum Teil einzeln, verlängert, nur oberwärts spärlich verzweigt. Sehr selten, mir nur aus Westpreußen, dann an der Brennerbahn westlich zwischen Kilometerstein 89,7 und 89,8 und aus Frankreich bekannt.

b) Nach der Beschaffenheit der Rinde (sehr selten):

4. L. globósa L. Klein, Kugel- und Hexenbesenkiefern. Hierfür gilt das gleiche, was für die entsprechende Spielart der Fichte gesagt ist. Auch hier halte ich den Hexenbesen, obwohl mir zapfentragende Exemplare nicht bekannt sind, für eine Knospenvariation, wofür vor allem der Umstand spricht, daß eine Zwergform unserer Gärten von regelmäßiger Kugelform (P. s. beuvronnensis Tranchon frères) nach Beißner aus einem Hexenbesen in der Krone einer Kiefer gezüchtet, d. h. durch Pfropfung vermehrt ist. Die gewöhnlich an einem Zweig sitzenden, dicht verzweigten Büsche, die nicht viel weniger variabel wie bei der Fichte zu sein scheinen, sind nicht allzu selten, an manchen Orten sogar häufig; von richtigen Gipfelhexenbesen, eine typische Kugelkiefer bildend, kenne ich nur einen Baum aus Schlesien bei Hoyerswerda (Schube, Aus Schlesiens Wäldern 1912, Abb. S. 57), mit reichlich 1 cbm Inhalt.

5. L. nána L. Klein, Zwergkiefern. Unter diesem Namen fasse ich wie bei der Fichte alle aus Samenvariation entstandenen Zwergformen, einerlei ob kugelig, kegelförmig oder sonstwie gestaltet, einstweilen zusammen. Die meisten unserer Garten-Zwergformen dürften wohl hierher gehören.

6. L. g i b b e r ó s a Kihlmann. K n o l l e n k i e f e r n. Der Stamm älterer Bäume ist hier dicht oder zerstreut mit k n o l l i g e n A u s w ü c h s e n v o n F a u s t - b i s K i n d s k o p f g r ö ß e besetzt, an deren Aufbau Holz und Rinde beteiligt sind. Die Stämme liefern ein schönes Maserholz. An den Aesten zeigt sich die Erscheinung in geringerem Maße. Aeußerlich hat die Bildung viele Aehnlichkeit



Abb. 52.
Ringschuppige Kiefer („Dächleskiefer") aus dem Rittnert bei Durlach. L. K l e i n phot.

mit meinem L. verrucosa der Fichte und auch hier scheint es mir zweifelhaft, ob Lusus oder pathologische Erscheinung; mir nur aus Pommern (bes. Ziegenort) und Westpreußen (bes. Wirthy), dort stellenweise häufig, und einmal aus Baden bekannt (Forstbot. Merkb. f. Westpreußen S. 12, 60 u. 61 mit Abb., dto. für Pommern S. 29, Klein, Bad. Bäume Taf. 39).

7. L. annulåta Caspary. Schuppenkiefern, Dächleskiefern, Schindelkiefern. Mir bis jetzt nur in der Provinz Brandenburg, Forst Wirthy bei Danzig und mehrfach in Baden bekannt. An älteren Bäumen lösen sich kräftige, flache Borkeschuppen in ringförmigen, meist nur zu etwa $^3/_4$ um den Stamm herumgreifenden Zonen oder in unregelmäßig gebogenen, kleineren Bändern (D. dend. G. 1911, Abb. S. 348) von der Rinde los und spreizen mehr oder weniger dachartig ab. (Abb. 52.)



Abb. 53.
Ca. 10jähr. zwergnadelige Kiefer bei Gutenstein (bei Meßkirch). L. Klein phot.

c) Nach den Nadeln (sehr selten):

8. L. parvifólia Heer. Nadeln nicht über 2,5 cm lang; an zwei von mir auf den Bau der Nadeln mikroskopisch untersuchten Exemplaren aus Baden fanden sich meist nur zwei, selten drei Harzkanäle auf dem Querschnitt; auch lagen die beiden Nadeln eines Kurztriebes, kaum spreizend, fast bis zur Spitze aneinander. Angegeben in Schlesien, Westpreußen, Veltlin, Mähren und

Niederösterreich, Finnland und Baden. — Das L. microphýlla Graf Schwerin, Nadeln nur 10—15 mm lang, Prov. Brandenburg, vermag ich nicht als eine von der älteren parvifolia verschiedene Spielart anzuerkennen.

9. L. variegáta Carrière (erweitert) mit zum Teil ganz oder teilweise weißen oder (vgl. Fichte) sonst abweichend gefärbten Nadeln. Sehr selten unter jungen Pflanzen, öfters in Gärten gezogen.

d) Nach der Farbe der Staubbeutel:

10. L. erythranthéra Sanio (Syn. var. rubra Bechstein, var. rubriflóra Buchenau), Staubbeutel rosa bis karminbraunrot, im nordwestlichen Deutschland (z. B. Bremen), Brandenburg, Schlesien, West- und Ostpreußen, Erlangen und Baden beobachtet.



Abb. 54.
Alte Feldkiefer in Freistand, vom Sand bei Kreuzwertheim.
Noch bizarrer gestaltet ist das alte, kaum 4 m hohe „Dätschföhrle“ bei Bonndorf im Schwarzwald mit 7 m breiter Krone (Abb. Klein, Bad. Bäume Taf. 103) und die beiden sehr malerischen und alten Feldkiefern, die „Wallensteinföhre“ bei Kriegenbrunn und der „Hexenmantel“ bei Aresing (Stützer, Größte usw. Bäume Bayerns S. 24 u. 62).

e) Nach der Form des Zapfens bzw. der Apophysen:

11. L. genuina Heer. Zapfen eikegelförmig. Apophysen nicht höher hervorragend als ihre Breite beträgt; zerfällt in die Unterformen:

a) pláná Christ. Apophyse der Lichtseite scharf quergekielt, auch mit einem Längskiel, eventuell unterseits oder beiderseits zwei radialen Kielen; ihre Erhebung geringer als die halbe Breite. — So allgemein verbreitet!

b) gibba Christ. Apophysen der Lichtseite mit stumpfem und breitem Querwulst, dessen Abdachungen konkav sind; ihre Erhebungen zwischen ½ und der ganzen Breite: so seltener.

12. L. hamáta Steven (syn. refléxa Heer, Caspari, Willkomm). (Abb. 47 links). Zapfen bis 7 cm lang, schmal kegelförmig. Apophysen der Lichtseite in eine an der Spitze den Nabel tragende Pyramide erhöht, deren Länge die Breite der Apophyse übertrifft; diese Pyramiden an den unteren Schuppen nach dem Grunde des Zapfens zurückgekrümmt. — Besonders an Krüppelexemplaren auf zu nassem oder armem Boden.

Abgesehen von den im Freistand erwachsenen Bäumen außerhalb des Waldes auf Heiden, Weidefeldern usw. mit tiefangesetzten, breit ausladenden, starkästigen Kronen von oft sehr bizarrer Gestalt sind als klimatische Wuchs- und als Standortsformen bekannt:

1. Forma turfósa Wörlein. Die Moorkiefer Willkomms. Eine bald nur ½—2 m hohe Krüppelform mit dünner, dürftiger, kurzer Benadelung auf Hochmooren, vereinzelt in Deutschland und Oesterreich, oft vom Habitus der Knieholzkiefer, in deren Gesellschaft sie oft wächst, bald häufig und förmliche Bestände bildend in den Mooren der russischen Ostseeprovinzen, wo sie selten über mannshoch wird, bis zum Fuß beastet ist und sehr starre, 3 cm lange, schon im zweiten Jahre abfallende Nadeln besitzt. Nach Entwässerung des Moores kann sie noch zum kräftigen Baume erwachsen.

Auf den moorigen Plateau's des Schwarzwaldes erreichen die Moorkiefern zwar den Habitus von Tieflandkiefern mit breit abgewölbten, sehr verlichteten Kronen, aber nur 4—6 m Gesamthöhe (Abb. Klein, Bäume Badens, Taf. 118).

2. Die Schneedruckkiefern von Berisal (anderswo noch nicht veröffentlicht). Eine Anzahl schöner, alter Bäume, zerstreut unterhalb der Simplonstraße, etwa 1 Stunde vor Berisal in der Saltineschlucht. Die dichtkronigen Bäume sind ausgezeichnet durch lange, vereinzelt bis zum Boden reichende Pendula-Aeste, was zunächst an ein Lusus pendula denken läßt. An dem betreffenden Standort zeigen aber alle alten Bäume diesen Wuchs, junge Pendula-Pflanzen fehlen und der Gipfel zeigt einen ganz eigenartigen „Adlerhorst" von relativ dicken, ziemlich in einer Horizontalebene unregelmäßig zusammengepreßten, sehr knorrigen, meist abgestorbenen Aesten, was ich nur als eine eigenartige Anpassung an die Schneemassen des Alpenwinters zu deuten vermag.

3. Die Strandkiefer der Ostseeküsten, von Mecklenburg bis zu den russischen Ostseeprovinzen, schon in der Jugend buschig, vom Sturm vielfach zerzaust und zerbrochen, mit Sekundärwipfeln, Krone bei jüngeren Bäumen bis zum Boden reichend, Stamm sehr stark werdend, aber selten über 20 m, meist krumm oder gewunden, auf Dünen selbst vollständig niederliegend, Krone ganz unregelmäßig, breit und umfangreich.

4. Als Kusseln bezeichnet man in Norddeutschland die auf ganz armem Sandboden vorkommenden, oft durch Wind und Tierfraß beschädigten, einzeln oder in kleinen Horsten stehenden Krüppelformen, die aber nicht als der Ausdruck äußerer Beschädigungen zu deuten sind; etwas ähnliches sind die Hungerkiefern auf trockenem Wellenkalk in Süddeutschland die z. T. in 50 Jahren kaum 3 m hoch werden (Abb. Klein, Bäume Badens Taf. 117).

5. Forma fruticósa Borbas, Strauchkiefer von krummholzähnlichem Wuchs in rauhen Gebirgslagen, so in den Julischen Alpen und im Banat.

6. Verbißkiefern, dem „Geistannli" Abb. 28 ähnlich, nicht selten in den Alpenländern, wo die Bäumchen alljährlich von den Ziegen gründlich abgeweidet werden.



7. S t e l z e n k i e f e r n , durch Denudation des Bodens da und dort entstanden, in einigen prächtigen, alten Bäumen z. B. bei Rastatt auf einer alten Binnendüne am Rande des Exerzierplatzes (L. K l e i n , Bäume Badens Taf. 110—113).

8. Das Gegenstück zu obigen Stelzenkiefern bilden die U e b e r s a n d e t e n K i e f e r n , wie sich solche von 150—200 jährigem Alter, z. T. bis an die bizarre, umfangreiche Krone (vgl. Nr. 3) in den angehäuften Flugsand der Düne eingegraben, z. B. auf der Halbinsel Hela bei Danzig finden, deren Wurzelsystem bis zu 5 m über-



Abb. 55.
S t e l z e n k i e f e r n mit z. T. abgehauenen horizontalen Wurzeln bei Rastatt. Stelzen bis 1,70 m hoch. L. K l e i n phot.

sandet, sich noch mehrere Menschenalter lebendig und leistungsfähig erhalten hat. (Abb. S. 90 u. 91 der D. dendrol. Ges. 1911.)

Als richtige Varietät (oder Unterart) ist zu unterscheiden als entschiedene Mittelform zwischen der gemeinen Kiefer und der Bergkiefer, (von Arnold E n g l e r als „Bergform“ (?) der gemeinen Kiefer betrachtet):

P. engadinénsis Heer. Knospen harzig. Kurztriebe länger lebend als bei der Hauptart, oft 5 (vereinzelt bis 10) Jahre. Nadeln sehr dicht, sehr dick (fast 2 mm) und starr, ziemlich lang und scharf zugespitzt, nicht über 4 cm lang, auf der gewölbten Seite oft gelbgrün, auf der planen meergrün. Zapfen sehr variierend, im allgem. eikegelförmig, 4—6 cm lang, kurz gestielt. Apophysen glänzend, grünlich- bis scherbengelb, auf der Lichtseite stark konvex; Nabel groß, stumpf, oft mit schwärzlichem Ring. — Schlanker, bis 10 m hoher, vom Grunde aus ästiger Baum mit pyramidaler oder ausgebreiteter Krone, der stets die für P. silvestris so charakteristische, leuchtend rotgelbe Korkhaut trägt. Nur im Oberengadin in Mischung mit Arven und Bergkiefern und im Ober-Inntal gefunden. Wahrscheinlich gehört hierher die jedenfalls sehr nahe stehende P. Frieseána Wichura, die jenseits des Polarkreises in Lappland große Wälder bildet und deren Kurztriebe 8 Jahre dauern sollen. — Die im Einfischtal im Wallis und bei Tarasp in Graubünden beobachtete Abart monticola Schröter, nur durch 7—9 Jahre dauernde Kurztriebe von der Hauptart verschieden, stellt jedenfalls ein Bindeglied derselben mit der Unterart dar.

§ 16. 2. * Pinus montána Miller. Bergkiefer. Krummholz-Kiefer. Diese sehr vielgestaltige Holzart ist von der gemeinen Kiefer durch folgende Merkmale unterschieden: Knospen meist dick mit Harz überzogen. Rinde der jungen Triebe glänzend, grünlich- bis violettbraun, an den Aesten dunkel, sich nicht in dünnen Schuppen abschilfernd. Nadeln gewöhnlich 2—5 cm lang, derber, stumpfer, weniger gedreht, gleichfarbig (nur an diesjährigen Nadeln die Innenseite mitunter heller), im Querschnitt die Oberhautzellen größer, stets höher wie breit (Lumen strichförmig); Harzgänge weniger (2—6); Sklerenchym im Zentralstrang, besonders bei den strauchigen Formen, spärlich oder fehlend. Kurztriebe dichter, die Nadelpaare oft säbelförmig gegen die Langtriebe gekrümmt, von längerer Lebensdauer, im Durchschnitt 5 Jahre, an einzelnen Zweigen selbst bis zu 15! Blüten größer, bis 1,5 cm; männliche mit großem, gezähntem Antherenkamm, weibliche zahlreicher (2—4, selbst 7), dicht unter der Endknospe der Tragzweige an kurzen Stielchen aufrecht (auch nach der Bestäubung, meist bis zum Herbst); Fruchtschuppen bläulichrot-violettbraun mit längerem Kiel, Deckschuppen heller, über den Rand der Fruchtschuppen etwas vorstehend. Zapfen jung oft violett, reif ca. 2 bis 5 cm lang und bis 3 cm breit, fast oder völlig sitzend, aufwärts abstehend bis schief abwärts gerichtet, meist glänzend, hellgrau oder gelbbraun, zimt-, kastanien- bis dunkel rotbraun; Apophysen mit mehr oder weniger gewölbtem Oberfeld. Nabel meist groß, grau oder hellbraun, von einem schwärzlichen Ringe umgeben. — Die Zweige sind verhältnismäßig dick und namentlich an hochgelegenen Standorten auffallend zäh und biegsam. Aeste bogenförmig emporgekrümmt,

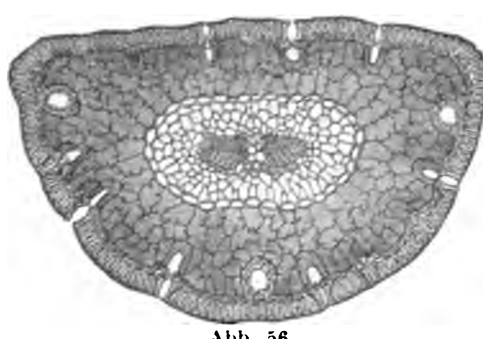


Abb. 56.
Nadel der Bergkiefer im Querschnitt. Spärliche, der Oberhaut anliegende Harzkanäle. Epidermiszellen von pallisadenähnlichem Querschnitt. — Vergr. 40 (aus Hempel und Wilhelm).

am Ende selten ein Knospenquirl, meist nur eine Seitenknospe neben der Endknospe; schwächere Aeste oft jahrelang unverzweigt. Bewurzelung reichlich verzweigt, im Gegensatz zur gemeinen Kiefer ohne Pfahlwurzel, flach, aber mit einzelnen Seitenwurzeln auf geeignetem Standort auch tief in die Spalten des Gebirgsgesteins eindringend. —

Eintritt der Mannbarkeit frühzeitig, oft schon im 6. bis 10. Jahre, worauf die Bergkiefer alljährlich reichlich zu fruchten pflegt. Blütezeit durchschnittlich im Juni (seltener Ende Mai oder Anfang Juli). Die Bergkiefer blüht im Gegensatz zur gemeinen Kiefer als Knieholz nicht selten zweihäusig, und auch bei einhäusigen Exemplaren an vielen Zweigen dauernd rein männlich. Bei dem geringen Längenwachstum dieser Zweige und der langen Lebensdauer der benadelten Kurztriebe entsteht so durch die regelmäßige Unterbrechung des Nadelkleides der Langtriebe an den Stellen, wo früher männliche Blüten saßen, die merkwürdige Zweigform, die man früher für eine besondere Spielart gehalten und l. equisetiformis getauft hatte, bis v. Tubeuf den wahren Sachverhalt aufklärte. Die gleiche Erscheinung fand ich auch bei Pinus engadinensis, bis zu 10 Quirle zeigend, zwischen Celerina und Statz im Engadin. Samenreife am Ende des 2. Jahres, Aufspringen der Zapfen im Frühling des 3., worauf sie meist noch länger haften bleiben und an der Oberfläche vergrauen und verwittern. Samen, Keimung und Entwicklung der jungen Pflanze im wesentlichen wie bei der gemeinen Kiefer. Keimkraft 50—60%, Keimdauer 2—4 Jahre.

Wuchs sehr langsam, besonders beim Knieholz. Alter bis ca. 200 und 300 Jahre. Das Holz gleicht demjenigen der gemeinen Kiefer, nur sind die Jahresringe meist schmäler und meist exzentrisch, und der Kern ist meist heller rötlichbraun; es ist mit Ausnahme der Eibe und Zerreiche schwerer als das aller anderen einheimischen Holzarten, sehr hart und namentlich auf trockenem Boden außerordentlich harzreich.

Die Rinde zeigt gewöhnlich erst bei Armsdicke der Zweige Borkenbildung; die Borke erreicht niemals entfernt die Stärke wie bei der gemeinen Kiefer und ähnelt in höherem Alter sehr der Fichtenborke, ist aber dunkler gefärbt.

§ 47. Die Zapfenform der Bergkiefer variiert ungemein. Nach ihr hat Willkomm 3 ineinander übergehende Unterarten unterschieden, deren beide ersten selbst wieder in eine große Zahl Abarten zerfallen.

A. uncináta Willkomm. Hackenkiefer. Apophysen der Lichtseite viel stärker als die der Schattenseite entwikkelt, meist im unteren Drittel (seltener nur an der Basis oder am ganzen Zapfen) kapuzen- bis pyramidenförmig erhöht und nach der Basis des Zapfens zurückgekrümmt; Keimnadeln 7. Diese Unterart zerfällt in 3 Abarten und diese wieder in mehrere hier nicht aufgeführte Unterabarten:

I. rostráta Willkomm. Zapfen (bei unseren Formen) 2,7—4 (seltener 5) cm lang, kegel-, selten eiförmig. Apophysen der Lichtseite in eine vierseitige, zusammengedrückte, zungen- oder schnabelförmige, hackig zurückgekrümmte Pyramide mit stark vorragendem Nabel erhöht, die so lang bis doppelt so lang als die Breite der Apophyse ist. — So ausschließlich in den Westalpen, mit II in den Schweizer-, vereinzelt auch in den Ostalpen, im Jura, Schwarzwald, Böhmerwald und Erzgebirge.

II. rotundáta Willkomm. Sumpfkiefer, Moorföhre, Moorkiefer, Legföhre, Krummholz, Knieholz, Latsche, Zundern, Teufern, als Baum in den Alpen

Spirke. Zapfen wie bei I, Apophysen der Lichtseite in eine nur schwach abwärts gekrümmte Pyramide erhöht, die kürzer ist als die Breite der Apophyse; oder nur das Oberfeld der Apophyse ist kapuzenförmig zurückgekrümmt. — Mit Ausnahme der Westalpen im ganzen Alpengebiet und den deutschen Mittelgebirgen verbreitet.

III. Pseudopumílio Willkomm. Zapfen auch reif abwärts stehend, klein, höchstens 2,5 cm lang, eiförmig. Oberfeld der Apophysen der Lichtseite kapuzenförmig erhaben oder dachförmig abgeflacht, aber höher als das konvexe Unterfeld; Nabel groß, flach oder eingedrückt, stumpf oder stachelspitzig. — Knieholzform, den Uebergang zu B. bildend, in Oberbayern, Erzgebirge und Südböhmen.

B. Pumílio Willkomm (mit zahlreichen Unter-Abarten). Knieholz, Krummholz, Leg-Föhre usw. wie A II. Zapfen gleichmäßig ausgebildet, bis zur Reife aufrecht oder horizontal abstehend, erst nach dem Aufspringen abwärts geneigt, kürzer als die Nadeln, eiförmig oder fast kugelig, 3—4,5 cm lang, im 1. Herbst meist noch violettblau, reif dunkelbraun bis scherbengelb, bis zur Reife bläulich bereift; Oberfeld der Apophysen konvex, Unterfeld konkav; Nabel eingedrückt, an der Zapfenbasis unter der Apophysenmitte; Keimnadeln 3—4. Strauch-, am häufigsten Knieholz, selten Baumform. — In der subalpinen Region der Alpen von der Schweiz bis Bosnien und in den deutschen Mittelgebirgen.

C. Múghus Willkomm. Mugokiefer. Meist Knieholzform. Zapfen vollkommen gleichmäßig ausgebildet, abstehend oder abwärts gerichtet, aus flachem Grunde kegel- oder eikegelförmig, 4—5 cm lang, im ersten Herbst hellgelbbraun, reif hell bis dunkel zimtbraun, niemals bereift. Apophysen alle mit sehr scharfem Querkiel, auch die unteren mit gleicher Unter- und Oberhälfte und daher in der Mitte stehendem, gewöhnlich einen stechenden Dorn tragendem Nabel. Oestliches Alpensystem und am Fuße desselben.

Nach dem Wuchs unterscheidet Schröter (Blütenpfz. Mitteleur. I, 1, S. 204 ff. mit Fig. 105) eine Anzahl „Wuchsformen", die z. T. an die Standortsbedingungen angepaßte Spielarten (erbliche Rassen), z. T. lediglich durch die Standortsverhältnisse bedingte, richtige Wuchsformen sind.

A. Baumformen (mit deutlichem Stamm).

I. Aufrecht, einstämmig, bis 26 m hoch (Wuchs erblich). Diese Form bildet teils ausgedehnte Wälder in subalpiner Lage der Pyrenäen und Alpen und der deutschen Mittelgebirge, teils Waldreste auf Hochmooren mit bis 18 m hohen Bäumen in der Schweiz, dem Schwarzwald, Niederösterreich und Böhmen, teils wächst sie vereinzelt oder in Horsten zwischen Legföhren, häufig in der Schweiz, vereinzelt im Schwarzwald und in Tirol.

II. Aufrecht, mehrstämmig (ebenfalls in hohem Maß samenbeständig), sehr häufig im Gebiet der hochstämmigen Form, besonders auf sonnigen Felshängen, Schuttkegeln, aber auch auf Hochmooren. Durch Niederlegen der Seitenstämme bildet sie eine Uebergangsreihe zur Legföhre.

III. Mehrwipfelige Kandelaberform, mit oder ohne Verletzung des Hauptgipfels, häufig zwischen 1.

IV. Kurzstämmige, dicht buschig beastete Form, als Glazialrelikt auf den Molassevorbergen der Schweizer Alpen.

V. Niederliegende, einstämmige Windform, an windoffenen und schneedruckgefährdeten Orten (Abb. 57).

VI. Reduzierte Kümmerform der nassen Hochmoore (ebenfalls Kuscheln oder Kusseln) in allen Uebergängen zur Baumform, eine Standortsform, die bei Entwässerung der Moore in die Baumform übergeht. (Abb. Klein, Bäume Badens, Taf. 121.)

B. Buschform (ohne Hauptstamm).

I. Typische Legföhre. Vom Wurzelhals aus gehen radial nach allen Seiten mit dem ebenfalls liegenden Hauptstamm gleichwertige Aeste, die sich in knieförmiger Biegung nach oben wenden (daher Knieholz, Krummholz) und eine förmliche Schale bilden. Vorkommen:



Abb. 57.
Latschenwald am Hohloh. L. Klein phot.

a) als Standortsform auf ungünstigen Lokalitäten der Westalpen im Gebiet der A. uncinata I rostrata; b) als erbliche Varietät im Legföhrengürtel der Alpen mit aufrechten Formen gemischt, in allen Zapfenformen (i. d. Schweiz meist rotundata, in den Ostalpen Pumilio u. Mughus); c) als erbliche und sehr konstante Wuchsform der Sudeten- und Karpathenrasse, meist mit Pumilio-Zapfen.

Auch die Schlangen-Bergkiefer kommt, wenngleich sehr selten bei Baumform wie Legföhre vor; ebenso der dichtbuschige Hexenbesen.

Die geographische Verbreitung der Bergkiefer geht von Zentralspanien bis zum Balkangebirge und von Schlesien und vom Thüringer Wald bis Dalmatien und bis zu den kalabrischen Abruzzen von (165) ca. 300 m bis ca. 2700 m. Außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes ist sie vielfach angepflanzt z. B.

bei Bremen. Sie bewohnt sowohl die baumlose Hochregion der Gebirge, wo sie die südlichen und westlichen Hänge bevorzugend als Schutzwald weite Flächen mit fast undurchdringlichen Latschenfeldern überzieht, findet sich als waldbildender Baum auf trockenem Kalkboden in Spanien, auf verschiedenartigen Verwitterungsböden stellenweise in der Schweiz, auf nassem Torfmoorboden im Böhmerwald und Erzgebirge, teils rein, teils mit Fichte, Lärche und Zirbel oder der gemeinen Kiefer gemischt, und als Busch, Latsche oder niederer Baum häufig mit der Ruchbirke zusammen auf Torfmooren, zeigt somit hinsichtlich ihrer Lebens- und Standortsansprüche eine Anpassungsfähigkeit wie keine andere Holzart und eine geradezu unerreicht dastehende Bedürfnislosigkeit, namentlich hinsichtlich der Fruchtbarkeit des Bodens und der Luftwärme, wenngleich sie hohe Grade sommerlicher Luftwärme zu ertragen vermag. Dagegen scheint ein luftfeuchtes Klima Lebensbedingung für sie zu sein. Die Latschenform insbesondere ist gegen Schneebruch völlig widerstandsfähig und ist in den Hochlagen, wo sie gewaltige Schneemassen im Winter und Frühjahr festhält, der beste Schutz gegen Lawinengefahr.

Zwischen der Bergkiefer und der gemeinen wie der Schwarzkiefer gibt es verschiedene Bastarde (Ascherson u. Gr. l. c. p. 229 ff.).

§ 48. 3. Pinus Laricio Poiret (P. nigra Arnold). Schwarzkiefer. Winterknospen groß, ca. 2 cm und mehr, spitz, meist harzig; ihre Schuppen (im Gegensatz zu der gemeinen Kiefer) mit nicht verwebten Fransen. Nadeln groß, durchschnittlich 8—11 (15) cm lang, ca. 2 (bis 3) mm dick, wenig oder kaum gedreht, mit gelblicher, fast stechender Spitze, beiderseits dunkelgrün; mechanische Zellen unter der Epidermis und um die im Parenchym gelegenen Harzgänge, dagegen im Zentralstrang, in welchem beide Gefäßbündel einander genähert sind, fehlend oder nur als schwaches Querband unter den Bündeln entwickelt; Lebensdauer durchschnittlich 4—5 Jahre. Männliche Blüten weniger zahlreich, aber weit größer als bei den vorhergehenden Arten, 1½ bis 2½ cm lang, walzig, fast sitzend; weibliche Blüten meist einzeln oder zu zweien, sehr kurz gestielt, etwas größer als bei den vorigen, karminrot bis violett.

Die Schwarzkiefer zerfällt nach Christ in folgende Formengruppen:

A. pachyphýlla Christ. Nadeln sehr steif und starr, 1,5—2 mm dick.

I. Kiel der mittleren und oberen Apophysen scharf.

* Pinus Larício austríacă. Endl. (Syn. nígricans Host.) Schwarz-Föhre, Schwarz-Kiefer. Einjährige Zweige graubräunlich. Zapfen im 1. Herbste haselnußgroß, hell lederbraun, im 2. reif, 4—8 cm groß, selten größer und bis 3 cm dick, ei- bis eikegelförmig, fast sitzend, meist wagrecht abstehend, gleichseitig, glänzend gelbbraun. Apophysen mit großem, gewöhnlich dunkler braunem, an den oberen Schuppen oft mit einem Spitzchen versehenen Nabel. Die Samen sind größer als bei der gemeinen Kiefer, durchschnittlich 6—7 mm lang und bis 4 mm breit, mit größerem (bis 2½ cm) Flügel. Von den geflügelten Samen gehen 22—24 Kilo auf das Hektol., von den entflügelten 50—55 und das Kilo enthält von letzteren 55000—60000 Körner.

Die Mannbarkeit tritt bei der austriaca-Form bei freiem Stande mit 20 (mitunter schon 15), im Schlusse mit dem 30. Jahre ein, dann ist durchschnittlich jedes 2. oder 3. Jahr ein Samenjahr. Die Blütezeit fällt ca. 10—14 Tage später als bei der gemeinen Kiefer. Die Samenreife erfolgt im Herbst des 2. Jahres, das Ausfliegen im Frühjahr des 3. Keimkraft 65—70%. Dauer der Keimfähigkeit 2—4 Jahre. Keimung nach 2—4 Wochen, Keimpflanze ähnlich wie bei P. silve-

stris mit 4—10 (meist 7) über 3 cm langen Keimnadeln. Die junge Pflanze erscheint von Anfang an in allen Teilen derber, üppiger und wegen der durchschnittlich kleineren Abstände zwischen den Astquirlen und wegen der kürzeren Triebe gedrungener als die gemeine Kiefer. Raschwüchsiger als die Bergkiefer, steht sie der gemeinen Kiefer nach; unter mittleren Verhältnissen erreicht sie im 10. Jahre etwa 1 ½ m, im 20. 4 m, im 40. 8—9 m, im 80. 15—16 m und im 100. 16—17 m; unter besonders günstigen Verhältnissen erreicht sie in dieser Zeit eine Höhe von 20—23 m (seltener mehr) und ½ m Durchmesser, bei vereinzelten Bäumen aber riesige Dimensionen und vielhundertjähriges Alter, so z. B. im Wienerwald 600 Jahre bei nahezu 7 m Umfang. Die Krone der Schwarzkiefer reicht auch im Schlusse weiter herab als bei der gemeinen Kiefer, ist beim jüngeren Baum rundlich eiförmig und wölbt sich erst in höherem Alter, auf Felsboden oft schirmartig, ab. Die Bewurzelung ist entschieden flacher als bei der gemeinen Kiefer, dringt zum Teil, wo es der Boden gestattet, tief in die Spalten des Felsgesteines ein, kann sich aber auf dem natürlichen Standort, dem Kalkgebirge, vielfach nur oberflächlich entwickeln. Das durch treffliche technische Eigenschaften ausgezeichnete, dauerhafte, harzreiche Holz kommt dem Lärchenholz sehr nahe, der rötlichbraune Kern ist in der Regel schmäler (nur ⅓ des Querschnittdurchmessers); im mikroskopischen Bau stimmt es mit den vorstehenden Arten im wesentlichen überein. Rinde im höheren Alter mit einer tiefrissigen, äußerlich dunkel-schwarzgrauen Schuppenborke, welche sich bis in den Wipfel erstreckt und in höchstens 3 mm dicken Schuppen abblättert.

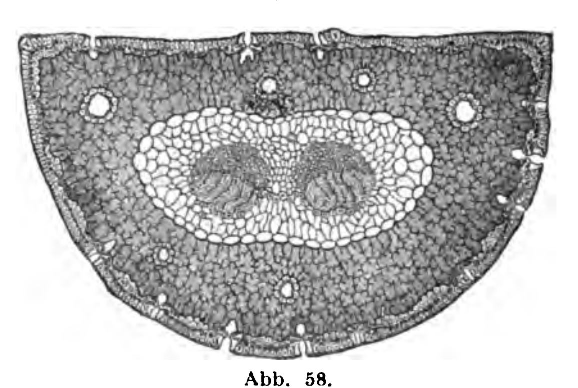


Abb. 58.
Pinus Laricio austriaca. Nadelquerschnitt. Wenige Harzkanäle inselartig im grünen Mesophyll, wenig oder keine mechanischen Zellen zwischen den beiden Gefäßbündeln. — Vergr. 50 (aus Hempel und Wilhelm).

In der unteren und mittleren Region der Ost- und Südostalpen und Karpathen, zwischen 150 und 1100, vereinzelt bis 1400 m, vorzugsweise auf Kalk, stellenweise große Bestände bildend, auch außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes hie und da waldmäßig angebaut, als Zierbaum allgemein verbreitet, bis nach Norwegen. Bei äußerst geringen Ansprüchen an Boden- und Luftfeuchtigkeit verlangt sie mehr Wärme als die gemeine und die Bergkiefer. Für schwierige Standortsverhältnisse, wie heiße, seichtgründige Kalkböden, zur Wiederbewaldung der Steinwüsten des Karstes ist sie wie kein anderer, einheimischer Waldbaum geeignet. Wie ihre dichte Benadelung schon andeutet, nimmt sie hinsichtlich des Lichtbedarfs eine Mittelstellung zwischen den entschiedenen Licht- und den ausgesprochenen Schattenholzarten ein. — Von allen europäischen Harzbäumen liefert die Schwarzkiefer das meiste und terpentinreichste Harz.

II. Kiel der mittleren und oberen Apophysen stumpf.

a) Pinus Larício Poiretiána Endlicher (Syn. corsicána Poiret). Einjährige Zweige hellbraun. Krone schmäler. Bei jungen Pflanzen die Nadeln meist etwas gedreht. Hinsichtlich ihrer sonstigen Merkmale und ihrer forstlichen Eigenschaften stimmt sie mit austriaca nahezu überein. Einheimisch in

Spanien, Süditalien, Griechenland und Korsika, wo sie besonders mächtige Stämme bildet, 30—40, selbst 45 m hoch und 7—9 m Umfang bei einem Alter von über 1000 Jahren. In den drei letzten Jahrzehnten forstlich vielfach versuchsweise in Deutschland angebaut, hat sie sich eigentlich nur für die Rheinprovinz, wo die gemeine Kiefer nicht einheimisch ist, als geeignet erwiesen, im rechtsrheinischen Preußen ist dagegen ihr Anbau als aussichtslos aufzugeben, selbst im Küstenklima von Schleswig-Holstein hat sie sich nicht zu behaupten vermocht.

B. leptophýlla Christ. Nadeln weniger steif, kaum 1 mm dick.

Pinus Laricio Salzmánni Dunal (Syn. P. monspeliénsis Salzmann). Einjährige Zweige orange oder rötlich. Zapfen nur 4—5 cm, Samen nur 5 mm lang. In Südwestfrankreich und Katalonien.

Die Schwarzkiefer bildet mit der gemeinen wie mit der Bergkiefer Bastarde.

§ 49. 4. Pinus leucodérmis Antoine. Weißrindige Kiefer, Panzer-Föhre, Schlangenhaut-Kiefer. Der Schwarzkiefer sehr ähnlich, aber durch die aschgraue, durch Längs- und Querrisse in 4—8 cm breite und 5—16 cm lange, unregelmäßige Felder geteilte Rinde verschieden, sowie durch die an den Zweigenden pinselartig gehäuften Kurztriebe mit meist nur 5—6 cm langen, starren Nadeln, deren spärliche Harzgänge tief im Parenchym liegen und nach Köhne ohne mechanischen Zellring sind und deren Gefäßbündel durch ein ⊥ förmiges Band dickwandiger Zellen geschieden und oben wie unten eingefaßt werden. Unter der Oberhaut auffallender Reichtum an mechanischen Zellgruppen. Der bis 20, selten bis 33 m hohe, gerade Baum zeigt stets eine stumpf kegelförmige Krone und ist in der oberen Region der Hochgebirge (1200—1800 m) von Dalmatien, Montenegro, Serbien und der Herzegowina heimisch, zum Teil in ausgedehnten Beständen die Waldgrenze bildend, erst 1864 entdeckt.

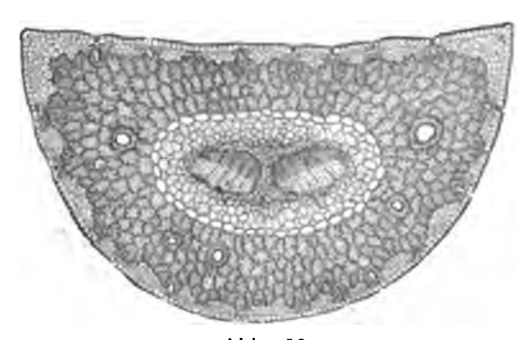


Abb. 59.
Pinus leucodermis. Nadelquerschnitt. Wenige Harzkanäle inselartig im grünen Mesophyll. Reichlich mechanische Zellen zwischen den beiden Gefäßbündeln. - Vergr. 50 (aus Hempel und Wilhelm).

5. Pinus Banksiána Lambert. Banks-Kiefer. Im kälteren, östlichen Amerika einheimisch, wo sie den trockensten, magersten Boden im Binnenlande einnimmt und natürlich auch nur geringe Dimensionen, 10—15 m gegen 22 m auf gutem Boden erreicht. Knospen eilänglich, harzig. Junge Triebe grün, später braun, unbereift. Nadeln sehr dicht gedrängt, 4—6 cm lang, abstehend, hellgrün, ihre beiden Gefäßbündel mindestens um ihre doppelte Breite voneinander entfernt; Harzgänge meist 1—2, im Parenchym der Kanten, oft fehlend. Zapfen ca. 5 cm lang, 2 cm breit, etwas gekrümmt, nach aufwärts gerichtet, dem Tragzweig angedrückt. Schon vom 8. Jahre trägt sie bei uns keimfähigen Samen. Samen klein, in einer löffelartigen Ausbuchtung des Flügels wie bei der Fichte. — Der Wert dieser Kiefer liegt nicht im Holze, sondern in ihren waldbaulichen Eigenschaften, indem sie auf dem schlechtesten Boden, wie Flugsand, Dünen, Oedland, welche dem Gedeihen der gemeinen Kiefer Hindernisse bereiten, leicht und freudig heranwächst und so die Verbesserung völlig

herabgekommener Böden wieder einzuleiten vermag. Schon im 1. Jahre übertrifft sie die gemeine Kiefer an Raschwüchsigkeit und vom 3. Jahre tritt diese Raschwüchsigkeit ganz besonders hervor, da sie im Jahre 2 und unter günstigen Bedingungen selbst 3 Längstriebe nacheinander macht. Auf mittlerem Boden ist sie noch mit 20 Jahren der Kiefer gleichwüchsig, wo aber die gemeine Kiefer auch nur leidliches Gedeihen verspricht, sollte P. Banksiána nach Schwappach niemals rein angebaut werden. Auf Lehmboden und ins Gebirge gehört sie überhaupt nicht.

### b) Dreinadelige Kiefern (Subsektion Taeda).

§ 50. Die Kurztriebe tragen normaler Weise 3 (ausnahmsweise 2 oder 4) Nadeln. (Meist nordamerikanische und ostindische Arten, keine Europäer.)

6. Pinus rígida Miller. Pechkiefer. Junge Triebe anfangs rot-, später gelbbraun, glänzend, unbereift. Knospen verharzt, spitz, braun, auch an der Mitte des Zweiges (vgl. Banksiána). Nadeln lebhaft grün, meist gedreht, 6 bis 12 (18) cm lang, bis 2 mm breit; Harzgänge oft fehlend, wenn vorhanden, im Parenchym, nicht von dickwandigen Zellen umgeben. Weibliche Blüten gewöhnlich in der Mitte des Zweiges, reife Zapfen ziemlich gleichseitig, zu 2—4 gehäuft beisammen, fast rechtwinkelig vom Zweige abstehend, ei- bis kegelförmig, 6 bis 10 cm lang, 4—6 cm dick, hell ledergelb, mit niedrig pyramidalen, scharf quergekielten Apophysen; Nabeldorn kurz, rückwärts gerichtet, im Herbst meist abfallend. Samen schwarz, 4—5 mm lang, mit bis 2 cm langen Flügeln. — Diese in den Nordoststaaten der Vereinigten Staaten namentlich auf dürrem und sumpfigem Boden der atlantischen Küstenzone große Flächen bedeckende Kiefer, höchstens 25 Meter Höhe erreichend, meist aber viel kleiner bleibend, wurde schon 1750 in Europa eingeführt. In ihrer Heimat in keiner Weise geschätzt, hat sie infolge eines verhängnisvollen Irrtums, der die amerikanische Pitch pine-Pflanze für die Lieferantin des wertvollen, bei uns im Holzhandel Pitch pine genannten Holzes hielt [1]), vor etwa 30 und 20 Jahren in ausgedehntem Maße Eingang in die deutschen Forste gefunden. P. rigida kommt auch bei uns auf den geringsten Bodenarten noch fort, ist außerordentlich widerstandsfähig gegen Frost und Hitze, gegen Schneedruck und durch hohes Ausschlagvermögen auch gegen Wildverbiß, dem sie sehr ausgesetzt ist, in den ersten Jahren oft auffällig raschwüchsig, erlahmt aber früh, neigt sehr zu struppigem, oft legföhrenartigem Wuchs, namentlich auf besseren Böden, weil die Johannistriebe hier zu üppig werden und nicht genügend ausreifen und hat so anfänglich allgemein enttäuscht, als man ganz falsche Erwartungen an die ersten Anbauversuche knüpfte. Flachgründiger Boden mit Tonunterlage und nasser Moorboden sagen ihr nicht zu. Das sehr splintreiche Holz ist geringwertig. Bei ihrer Anspruchslosigkeit und geringen Dauer ist sie aber als zweckmäßiges Schutz- und Treibholz für die gemeine Kiefer bei der Aufforstung von Oedländereien sehr zu empfehlen, zumal sie hier bodenverbessernd und düngend wirkt. Sie wirft nämlich schon in den ersten Jahren viele und kräftige Nadeln ab, besonders bei Mischkultur mit der gemeinen Kiefer, von der sie vom zehnjährigen Alter an überwachsen und allmählich zum Absterben gebracht wird.

---

1) Das Pitch pine Holz des Handels stammt von P. australis (und anderen Arten), welche in den Südstaaten der Union wie Louisiana, Florida vorkommen und in Deutschland absolut nicht aushalten.

### 2. Sektion. Strobus.

§ 51. Apophysen der Zapfenschuppen mit randständigem, dornlosem Nabel. Kurztriebe fünfnadelig, Zentralstrang der 3kantigen Nadeln nur ein Gefäßbündel enthaltend.

#### a) Weymouthskiefern (Subsektion Eustrobus)

Zapfen langwalzig (mindestens 3 mal so lang wie dick), hängend, als Ganzes abfallend. Zapfenschuppen fichtenähnlich, dünn, gegen die Spitze zu nur schwach verdickt, mit flacher, kielloser Apophyse. Samen klein, langgeflügelt.

7. * Pinus Stróbus Linné. Weymouthskiefer, Seidenföhre, Strobe. Junge Triebe anfangs grün, später violettbraun, kahl oder dünn weißlich behaart. Knospen aus eiförmigem Grunde fein zugespitzt, oft etwas harzig. Endknospe des Leittriebs stets von 5—8 Quirlknospen umgeben. Nadeln aufwärts abstehend, ca. 10 cm lang, dünn (½ mm), weich, auf den planen Flächen bläulichweiß gestreift, Harzgänge (meist nur 2) dicht unter der Hautschicht der gewölbten Fläche, nahe den Kanten. Männliche Blüten eiförmig, bis 15 mm lang, blaßgelb; weibliche Blüten einzeln oder zu 2—5 neben der Endknospe, dieselbe weit überragend, langgestielt, schlank walzenförmig, bläulich bereift. Junge Zapfen im 1. Herbst ca. 2 cm lang, rötlichbraun; im zweiten Frühjahr vergrößern sie sich rasch, werden grün und neigen sich abwärts. Reife Zapfen sehr kurz gestielt, zimtbraun, 10—15 cm lang, etwas gekrümmt, und ca. 3 cm breit (stets mehr als 4 mal so lang wie dick). Samen 5—6 mm mit bis 2 cm langem, halbmondförmigem Flügel, der oberhalb des Kornes leicht abbricht. Ein Kilo Kornsamen enthält 55 000 bis 65 000 Körner.

Die Mannbarkeit tritt bei freistehenden Bäumen mitunter schon im 10., im Walde durchschnittlich erst mit dem 30.—35. (50.) Jahre ein. Samenjahre folgen alle 2—3 Jahre. Blütezeit Ende Mai oder Anfang Juni. Die Samenreife erfolgt im Herbst des 2. Jahres (meist im September), worauf die bis dahin geschlossenen Zapfen sich vollständig sparrig öffnen und die Samen in wenigen Tagen ausfliegen. Die Keimdauer der Samen beträgt 2—3 Jahre, die Keimfähigkeit gewöhnlich 40—50, ausnahmsweise bis 70 %. Die Keimung erfolgt in 3—4 Wochen nach der Frühlingsaussaat mit 8—11 ca. 2½ cm langen, 3 kantigen Keimblättern. Die darauf folgenden Primärnadeln sind flach und stehen einzeln. Benadelte Kurztriebe werden erst im 2., Astquirle in der Regel erst im 3. Jahre gebildet. Der Höhenwuchs ist sehr rasch, schon mit 10 Jahren 3—5 m, mit 20 8—10 m, mit 40 16—18 m, mit 80 28—29 m, mit 100 32—33 m bei entsprechender Stärke und Vollholzigkeit. Die höchsten europäischen Stroben erreichen 34—50 m Höhe bei 1,3 bis nahezu 2 m Durchmesser. Auf ungeeignetem, namentlich flachgründigem Boden erschöpft sich das Wachstum frühe. Die Krone der Strobe behält bei normaler Entwicklung ihre anfänglich schlanke Kegelform auch im Alter. Nach Verlust des Gipfels können bei älteren Bäumen durch Ersatzgipfelbildung sehr unregelmäßige und malerische Kronen entstehen. Im freien Stande sind Kandelaberbäume nicht selten. Die Lebensdauer der Nadeln beträgt 2—3 Jahre. Die Bewurzelung ist außerordentlich stark, aus einer mächtigen Pfahlwurzel und weit ausstreichenden Seitenwurzeln zusammengesetzt. Das sehr harzreiche,

aber wenig dauerhafte, gelblichweiße Holz ist leichter als dasjenige aller unserer einheimischen Waldbäume. Am frisch gefällten Baum sind Splint und Kern kaum zu unterscheiden, das Austreten von Harz bezeichnet die Grenze zwischen beiden besser als die Farbe. Später erscheint unter dem Einfluß von Luft und Licht eine Kernfarbe wie bei der Kiefer. Anatomisch gleicht es, von den viel breiteren Jahresringen abgesehen, vollständig demjenigen der Zirbel.

Die Rinde, anfangs glänzend schwärzlichgrau oder olivenbraun, verwandelt sich erst vom 20.—30. Jahr ab in eine längsrissige, außen graue, innen rötlichviolette Tafelborke, die in ihrer Struktur gleichfalls sehr der Zirbel gleicht, aber selbst bei 80 jährigen Bäumen selten über 7 m am Stamm emporreicht. — Die Heimat der Strobe ist das nordöstliche Nordamerika, von Kanada bis zu den Alleghanies und östlich bis zum Mississippi, wo sie nach der genutzten Holzquantität zurzeit noch der wichtigste und wertvollste Waldbaum der ganzen Union ist. Sie wächst in ihrer Heimat, wo sie bis ca. 400 Jahre alt wird, vorzugsweise in der Ebene, und ihr spezifischer Standort ist dort ein frischer bis feuchter, sandiger Lehmboden mit geringer Erhebung über den Grundwasserspiegel. In Europa wurde sie schon 1705 eingeführt und ist die erste exotische Nadelholzart gewesen, welche sich in Deutschland und Oesterreich-Ungarn als Waldbaum eingebürgert und wirklich forstliche Bedeutung erlangt hat. Sie vermag sich bei uns bei genügender Tiefgründigkeit fast allen Bodenarten zu akkomodieren — nur heiße Kalkböden sagen ihr nicht zu — übertrifft an Schnellwüchsigkeit und Massenproduktion alle einheimischen Koniferen, ist vollständig sturmfest, frosthart und infolge ihrer sehr elastischen Aeste und der Eigentümlichkeit ihrer Nadeln, sich bei Schnee und Regen zu einem dichten Strang zusammenzulegen gegen Schneedruck und Eisanhang viel widerstandsfähiger als die Kiefer und nimmt in ihren Lichtansprüchen ähnlich der Fichte eine mittlere Stellung ein. Dagegen ist sie empfindlich gegen Hagel, in jüngerem Alter gegen Trockenhitze (Rindenbrand) und gegen Wurzelpilze. Von Natur auf die Ebene angewiesen, gedeiht sie in Deutschland und Oesterreich doch noch in mittleren Gebirgslagen von 500—700 m, in der Schweiz sogar bis 1200 m, verlangt aber immer einen reichen Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

### b) Zirbelkiefern (Subsektion Cembra).

§ 52. Zapfen kurz, eiförmig oder walzig, aufrecht sitzend, nach der Samenreife zerfallend. Zapfenschuppen stark verdickt, weich, Samen groß, hartschalig, ungeflügelt, d. h. die Flügel sind bis auf eine kleine Schuppe oder die bandförmig den Samen umfassende Zange reduziert.

8. * Pinus Cémbra Linné. Zirbel-Kiefer, Zirbe, Arve. Junge Triebe im 1. Sommer rotgelbfilzig behaart, später kahl. Knospen kugelig, lang zugespitzt, harzlos, an den Enden der Zweige meist einzeln. Nadeln 5—9 cm lang, ca. 15 mm breit, ziemlich steif, auf den planen Flächen bläulichweiß gestreift, auf dem Rücken dunkelgrün; Harzgänge, den Kanten entsprechend, meist 3, im Parenchym. Blüten ähnlich wie bei der Strobe. Junge Zapfen am Ende des 1. Jahres wallnußgroß, im 2. 5—8 cm lang, 3—5 cm breit, auf bräunlich violettem Grunde heidelbeerblau bereift, mit weißgrauem Nabel, reif hellrötlich-zimmetbraun; gelegentlich kommen, namentlich in den Ostalpen, auch violett oder grün gefärbte Zapfen vor. Samen 8—12 mm lang, bis 8 mm breit, verkehrt eiförmig, dickschalig, eßbar (Zirbelnüsse). Ein Kilo enthält 4000—5000 Nüsse.



Mannbarkeit bei kultivierten Exemplaren schon mit dem 25. Jahre und früher, auf den hochgelegenen, natürlichen Standorten meist erst mit 70 und 80 Jahren oder noch viel später. Samenjahre im Durchschnitt alle 10, unter günstigen Umständen alle 6—8 Jahre. Samenreife Ende Oktober bis Mitte November. Abfall der bald nachher zerfallenden Zapfen mit den Samen gegen das nächste Frühjahr. Meist aber werden die Samen schon im August oder September von Eichhörnchen und Zirbelhäher ausgefressen. Nach der Aussaat liegt Zirbelsamen gewöhnlich 1 Jahr über, ehe er keimt, einzelne Körner auch 2—3 Jahre. Der Keimverzug beruht nach Lakon (Natw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1911), wie bei anderen Koniferen, auf inneren Verhältnissen des Samens, nicht auf einer sog. „Hartschaligkeit" wie bei den Schmetterlingsblütlern; er läßt sich durch mechanische Mittel oder sonstige Lockerung der Samenschale nicht beseitigen. Keimpflänzchen mit meist 10 dunkelgrünen, über 3 cm langen Keimnadeln an dickem Stengel. Weiterentwicklung ähnlich der Strobe, das junge Pflänzchen wächst aber sehr langsam und die Astquirlbildung beginnt gewöhnlich erst mit dem 5. Jahre. Auf günstigen natürlichen Standorten erreicht der Baum mit 10 Jahren ½ m, mit 20 1,2 m, mit 40 4 m, mit 60 7 m, mit 80 9—10 m, mit 100 12 m, mit 140 17 m, mit 200 20 m, womit das Höhenwachstum (bis 22 m) abgeschlossen ist. Der Baum kann aber noch Jahrhunderte in die Dicke wachsen, so am Findelengletscher bei der Riffelalp nach meinen Untersuchungen bis zu 1000 oder 1100 Jahren, und bis 2,30 m Durchmesser erreichen! (Abb. L. Klein, Charakterbilder mitteleur. Waldbäume Taf. 6; in diesem Buche noch 10 weitere Abbildungen der Arve; ebensoviel in meiner Physiognomie der mitteleur. Waldbäume. — Vgl. auch Rikli, Die Arve, mit vielen Abb.) Bei ungestörtem Wachstum zeigt die Zirbel in den ersten Jahrzehnten eine sehr regelmäßig aufgebaute, schlank kegelförmige, tief hinabreichende Krone, die auch bei alten Bäumen gleichmäßig abgewölbt, eiförmig, bis wenige Meter über dem Boden herabreichen kann. Gewöhnlich aber sind alte Zirbeln von Wind, Schnee und Wetter hart mitgenommen und zeigen die bizarrsten und malerischsten vielwipfeligen Kronen mit vielen wiederholt gebrochenen und aufgerichteten Aesten. An Lebenszähigkeit und Reproduktionskraft kann sich keine andere europäische Konifere mit der Zirbel messen. Die Bewurzelung ist trotz der später in ihrer Entwickelung mehr und mehr zurückbleibenden Pfahlwurzel durch weit streichende, starke, im Alter oberflächlich oft bloßgelegte und gebleichte Seitenwurzeln eine durchaus sturmfeste. Die Lebensdauer der Nadeln beträgt an kräftigen Trieben 5—6, an schwachen oft nur 3 Jahre. — Das außerordentlich dauerhafte, harzreiche, gleichmäßige und leichte Holz von den natürlichen Standorten im Hochgebirg ist ein sehr wertvolles Nutzholz (Holzschnitzereien) mit schmalem, gelblichem Splint und anfangs sehr hellem, gelbrötlichem Kern mit sehr engen, meist sehr gleichmäßigen Jahresringen. Mikroskopisch zeichnen sich dieselben durch sehr schmale, nach innen nicht scharf abgesetzte Spätholzzonen aus, deren Tracheiden außerdem viel schwächere Wandverdickung zeigen wie beim Spätholze unserer Kiefern, daher die Gleichmäßigkeit. Die Markstrahltracheiden sind glattwandig, ohne kammförmige Verdickungsleisten, die Markstrahlparenchymzellen korrespondieren mit den angrenzenden Holztracheiden häufig durch zwei (oder mehr) große Tüpfel. Harzgänge groß und zahlreich. Die Rinde bleibt lange hellsilbergrau, glatt und glänzend und verwandelt sich erst in höherem Alter in eine außen braungraue, innen rotbraune Schuppenborke, die auch an sehr alten Bäumen nur geringe Dicke besitzt.

In Mitteleuropa ist die Zirbel ausschließlich Hochgebirgsbaum, in den Alpen und Karpathen mit sehr zerstückeltem Verbreitungsgebiet meist horstweise oder vereinzelt zwischen Fichten und Lärchen auftretend und über diesen die Baumgrenze bildend. In Bayern wächst sie zwischen 1500 und 1800 m (Schachenalp), in der Schweiz bis ca. 2200 m (Wallis), 2400 m (Engadin), in der Dauphiné und Südtirol (Stilfserjoch) bis 2500 m, in der hohen Tatra zwischen 1300 und 1600 m. Außerhalb dieses Verbreitungszentrums bildet die Zirbel, meist in bruchigen Ebenen, ausgedehnte Wälder im nördlichen Rußland und durch das ganze nördliche Sibirien. Die sibirische Zirbel, durch höheren Wuchs (bis 40 m), größere, mehr walzenförmige Zapfen, und größere, dünnschaligere Samen ausgezeichnet, ist wahrscheinlich nur eine klimatische Varietät der Alpenzirbel. Als Standortsansprüche wären reichliche Luft- und Bodenfeuchtigkeit zu nennen, bei außerordentlicher Anspruchslosigkeit hinsichtlich der Luftwärme. In ihrem Lichtbedürfnis nimmt sie eine Mittelstellung ein. An der oberen Grenze des Verbreitungsgebietes ist sie, namentlich in ihrem höheren Alter, bei der oft nur 2 ½ Monate betragenden Vegetationszeit mehr Lichtholzbaum, während sie als junger Baum und in tieferen, sonst günstigen Lagen ein ziemliches Schattenerträgnis aufweist, wie schon ihre dichte Krone und das Aufkommen von Nachwuchs unter ihrem eigenen Kronenschatten und selbst dem von Fichten anzeigt. In der Schweiz und in Oesterreich hat man sie in neuerer Zeit in größerem Maßstabe auf geeigneten Standorten wieder aufgeforstet; außerhalb ihres natürlichen Vorkommens ist sie, von kleinen Anpflanzungen in Hochlagen der meisten deutschen Mittelgebirge abgesehen, nur Parkbaum.

## 2. Tribus. Taxodieae.

§ 53. Nadeln. Staubblätter und Fruchtblätter spiralig angeordnet, letztere nur an der Spitze etwas geteilt. Pollenkörner ohne Flugblasen.

1. Cryptoméria japónica Don. Kryptomerie, ist ein wertvoller Waldbaum des nördlichen Japans, wo sie Fröste bis —20° aushält und 40—60 m Höhe bei 1—2 m Durchmesser erreicht. Sie verlangt bei uns nach Mayr mildes Klima, hinreichende Boden- und namentlich große Luftfeuchtigkeit und sollte im allgemeinen nur in den wärmsten Lagen des Laubwaldes angebaut werden; in trockenen Lagen dagegen verkümmert sie zu elenden Krüppeln. Die forstlichen Anbauversuche haben im größten Teile Preußens nicht befriedigt, nur in den milden Lagen des Rheingaus und Niederrheins, besonders da, wo unsere einheimischen Nadelhölzer nicht mehr recht gedeihen und auch Pseudotsuga wegen der Spätfrostgefahr versagt. — Knospen nackt. Aeste einzeln (wie bei der Lärche). Krone stumpf, pyramidal-eirund. Nadeln 5 reihig, aufwärts abstehend, am Tragzweig etwas herablaufend, leicht einwärts gebogen, lineal-pfriemlich, stumpf 3—4kantig. Zapfen 1 ½—3 cm lang und fast ebenso dick; Zapfenschuppen mit 3 (bis 6) Samen. Das weiche, leichte, sehr dauerhafte Holz mit rotem Kern ist das wichtigste Weichnutzholz Japans. Bei uns ist das Holz von leichter, schwammiger Beschaffenheit und splittert sehr, dürfte aber immerhin ein zwar minderwertiges, aber doch für viele Zwecke genügendes Nutzholz liefern.

2. Sequóia gigántea Torrey. Wellingtonie, Mammutbaum. Diese Riesen des Pflanzenreiches, in der Sierra Nevada des mittleren Kaliforniens ausschließlich auf Westabhängen in 1200—2500 m Meereshöhe mit sehr lokaler Verbreitung heimisch, erreichen dort eine Höhe bis zu 120 m, Durchmesser bis zu 16 m und ein Alter von mehreren tausend Jahren. Erst 1850 entdeckt, 1853 in Europa eingeführt, verlangt die Wellingtonie bei uns tiefgründigen, frischen Boden



mit durchlassendem Untergrund, mildes Klima, hohe Luftfeuchtigkeit, zeitigt aber unter solchen Bedingungen auch staunenswerte Wuchsleistungen, wie z. B. auf der Insel Mainau im Bodensee, in Lugano, am Genfer See usw., wo prachtvolle Riesenbäume stehen, alle unter 60 Jahre alt, während man ihnen nach der äußeren Erscheinung das doppelte bis dreifache Alter zu geben geneigt sein dürfte. — Verbreiteter Zierbaum, der wohl nur aus Gründen der Forstästhetik, eingesprengt oder in kleineren Horsten, in entsprechenden Lagen in Frage kommen kann. Ein prächtig gedeihendes junges Wellingtonienwäldchen befindet sich in dem hochinteressanten Exotenquartier des Grafen Berckheim bei Weinheim an der Bergstraße (Mandel- und Edelkastanienklima). Wuchs sehr lange schlank kegelförmig. Stamm sehr abholzig.

### 3. Tribus. Cupressineae.

§ 54. Nadeln, Staub- und Fruchtblätter stets in 2—4 gliederigen Quirlen gestellt. Die Laubblätter mit Ausnahme von Juniperus sowie der Primärnadeln der andern Arten sind schuppenförmig, an der Basis mit der Rinde des Tragzweiges verbunden. Keimlinge normalerweise zweinadelig. Pollenkörner ohne Flugblasen. — Die „Retinospora“arten sind aus benadelten Zweigen der jungen Pflanzen durch Stecklingsvermehrung erzogene „Jugendformen“. Das aromatische Holz der Kupressineen ist wie dasjenige der Taxodieen anatomisch charakterisiert durch die nur aus Parenchym bestehenden Markstrahlen und durch das Vorkommen von Längsparenchym im Spätholz und das Fehlen der Harzgänge.

#### Lebensbäume (Thuja).

§ 55. Bei der Gattung Thuja sind die Zweige auffällig flach, die dekussierten, mit einer vorspringenden Oeldrüse besetzten Schuppenblätter nur wenig über die Zweigoberfläche hervorragend, auf der Fläche des Zweiges flach, an den Kanten zusammengefaltet, Leittrieb steif aufrecht. Die sehr kleinen männlichen Blüten sind kugelig, endständig, die schuppenartigen Staubblätter tragen je 4 Pollensäcke. Die weiblichen Blüten bestehen aus 3—5 Paar dekussierter Fruchtschuppen, von denen das meist zu einem Säulchen verwachsene oberste Paar unfruchtbar, die mittleren stets, das unterste Paar meist fruchtbar, 2 (1—3) Samen tragen. Zapfenschuppen lederartig erhärtend, mit den Rändern übereinander greifend. Samen länglich, mit zwei schmalen, seitlichen Flügeln Zapfenreife 1 jährig. Keimblätter 2.

1. Thúja gigántea Nuttal. Riesen-Lebensbaum. (Syn. Th. Menziésii Dougl.), vielfach mit Libocedrus verwechselt, ausgezeichnet durch spätere Raschwüchsigkeit und Holzgüte, ist ein Waldbaum des nordwestlichen Nordamerika, wo sie im Felsengebirge auf die unmittelbare Nähe der Gebirgsbäche angewiesen ist, in dem boden- und luftfeuchten, nur wenig über das Meeresniveau erhobenen Gebiet der Ebene aber zu gewaltigen Dimensionen in reinen Beständen (Durchschnittshöhe 50 m) erwächst und bei sehr schwach beasteter Krone kegelförmige Stämme bildet, die an der Basis enorm breit sind (in 2 m Höhe häufig 3 m und mehr Durchmesser). Das leichte, etwa die Schwere des Weymouthskieferholzes besitzende Holz hat schmalen Splint, graubraunen Kern und ist sehr dauerhaft. — Die Seitenzweige ohne weitere Verzweigung sehr lang gestreckt. Schuppenblätter auf der Zweigoberseite dunkel-, auf der Unterseite hellgrau-

grün gefleckt, mit dunkelgrünem Rand. Flächenblätter mit wenig deutlicher, länglicher Oeldrüse. Zapfen 11—15 cm, mit 2—3 Paar fruchtbaren Schuppen. Samen ⅓ kürzer als die Fruchtschuppen. — 1833 in Europa eingeführt, zeigt sie bei den in größerem Maße ausgeführten forstlichen Anbauversuchen der drei letzten Jahrzehnte vortreffliches Gedeihen bei sorgsamster Berücksichtigung ihrer Standortsansprüche: ziemliches Maß von Bodenfrische, am besten frischer bis feuchter, humoser, tiefgründiger, lehmiger Sandboden und Seitenschutz in der Jugend. In den ersten Jahren ist die Pflanze schwach (im 1. Jahre nur 3 cm lang mit ebenso langer, mit 1—2 cm langen Seitenwurzeln besetzter Pfahlwurzel; im 2. 10—15 cm, im 3. energischer Höhentrieb, vom 7. sehr lebhaftes Höhenwachstum, so daß 8 jährige Pflanzen schon 3 m erreichen). Die junge Pflanze ist empfindlich gegen Frost und Dürre, Halbschattenholzart, die ausgezeichnet in kleinen Gruppen in Buchenverjüngungen und sonst im Bestandesschutz gedeiht; später wird sie frosthärter, bleibt aber empfindlich gegen Dürre und darum auch gegen plötzliche Freistellung.

2. Thúja occidentális Linné. Gemeiner Lebensbaum, atlantische Thuja. Dieser bei uns als Zierbaum und Heckenpflanze, namentlich auf Kirchhöfen allgemein verbreitete Baum ist im östlichen Nordamerika (von Kanada bis Karolina) heimisch, in den Gebirgen auf die unmittelbare Nähe der Bäche beschränkt, in der Ebene aber in kalten, sumpfigen Lagen auf weite Strecken reine Bestände bildend und erreicht bis 20, unter günstigen Verhältnissen 31 m Höhe bei 1,40 m Durchmesser. Langsamwüchsig durch ihr ganzes Leben, kräftige Beschattung ertragend, produziert sie trotz des sumpfigen Standorts ein sehr dauerhaftes, weiches und leichtes (0,32), im Kern dunkelgelb gefärbtes Holz. Schuppenblätter oberseits dunkel-, unterseits hellgrün, mit kugelig-ovaler, erhabener Oeldrüse auf den Flächenblättern. Zweige horizontal oder nach verschiedenen Richtungen abstehend. In den früh und reichlich erscheinenden, braungelben, im allgemeinen 6—8 mm langen, nach der Oberseite der Zweige aufwärts gebogenen Zapfen nur ein Paar Fruchtschuppen fruchtbar. — Schon 1566 eingeführt, vollständig frosthart. Mayr empfiehlt sie warm für forstliche Anbauversuche als Schutzholzart (Vorbau) bei Aufforstung von sumpfigen Wiesen und Oedflächen, als Unterbauholzart zum Schutze des Bodens in Lichtbeständen, als Hauptholzart mit Erlen und Birken in sumpfigen Oertlichkeiten und als Pionierholzart auf Moorböden, wo sie sich in kleineren Versuchen, selbst ohne Vorbereitung des Bodens, bis jetzt freudig erhält; Schutz gegen Rehe ist unerläßlich.

Die minder frostharte Thúja (Bióta) orientális, die in Süddeutschland wie die vorige als Zierbaum vielfach kultiviert wird, unterscheidet sich durch größere, dickfleischige, im grünen Zustande blaubereifte Zapfen, durch strichförmige, vertiefte Oeldrüsen auf den Flächenblättern und durch die vorwiegend in senkrechten Ebenen verzweigten, beiderseits gleichgestalteten, lebhaftgrünen Zweige leicht von den zwei vorstehenden Arten.

§ 56. Chamaecýparis. Diese Gattung unterscheidet sich von der ähnlichen Thuja sehr augenfällig durch die je länger, je stärker abwärts hängenden Leittriebe, die bei den beschriebenen Arten auf der Unterseite mit milchweißen Zeichnungen versehenen, eine längliche, flache oder eingedrückte Oeldrüse tragenden Schuppenblätter und durch

die kleinen, holzigen Zapfen mit schildförmigen, mit den Rändern (wie bei Cupressus) aneinanderliegenden Zapfenschuppen.

1. Chamaecýparis Lawsoniána Murray. Lawsonszypresse, Lawsonia. Die Heimat dieses durch vorzügliche Holzbeschaffenheit und Raschwüchsigkeit ausgezeichneten Waldbaumes ist das Küstengebiet des südlichen Oregons und des nördlichen Kaliforniens. Das sehr beschränkte Verbreitungsgebiet entfernt sich nirgends weiter als 7 geographische Meilen von der Küste und reicht im Küstengebirge nicht höher als 500 m. In warmen Schluchten des letzteren kommen Durchschnittshöhen von 50 m bei 1,80 m Durchmesser vor. Zweigspitzen meist stark überhängend. Die in wagrechter Fläche verzweigten Zweige zeigen unterseits eine Reihe etwas verschwommener, x-förmiger weißer Streifen (Spaltöffnungslinien) an den Berührungslinien der Blätter. Zapfen 10 mm dick. Samen mit Harzbläschen (1—5) meist zu 3 unter jeder Fruchtschuppe; Flügel wenig schmäler als der fast kreisrunde Samen. 1 Kilo enthält ca. 450 000 Körner. Die glänzend braunrote Rinde bleibt lange Zeit glatt. Splint schmal. Kernholz hellgelblich, mit feinen Jahrringgrenzen, für eine Zypressenart auffallend schwer (0,46), da nicht nur die schmale Spätholzzone, sondern auch das Frühjahrsholz anatomisch durch starke Zellwände ausgezeichnet ist. 1854 in Europa eingeführt. Bei den forstlichen Anbauversuchen der letzten Jahrzehnte hat sie sich als in größerem Maße anbauwürdig bewährt. In den ersten beiden Jahren ist sie auffallend geringwüchsig (im 1. Jahre ca. 3 cm, im 2. ca. 10 cm lang), im 3. Jahre wird die Entwicklung lebhafter, mit 5 Jahren sind die Pflanzen durchschnittlich 50 bis 60 cm, mit 10 Jahren 3—4 m, mit 14 ca. 5—6 m hoch bei 10 cm Durchmesser; auf besonders kräftigem Boden sind in 12 Jahren schon 8 m erreicht worden. Das Wurzelsystem besteht aus einigen kräftigen Herzwurzeln mit ungemein vielen, äußerst feinen Faserwurzeln; doch läßt sich die Lawsonia bei vorsichtiger Behandlung auch noch in stärkeren Exemplaren verpflanzen. Vom ca. 12. Jahre ist sie bei uns mannbar und produziert fast alljährlich reichlichen, keimfähigen Samen. Alsbald nach der Samenreife, im September oder Oktober, fallen die Samen aus und keimen bei Frühjahrsaussaat nach 3—4 Wochen. In Deutschland vortrefflich gedeihend, ist sie in den ersten 5 Jahren frostempfindlich, nachher im allgemeinen hart, macht etwa die gleichen Bodenansprüche wie die Rotbuche, verlangt etwas Bodenfrische, Seitenschutz, einige Jahre Schirm von oben und verträgt ziemlich viel Schatten. Trockene Standorte, Frostlagen und stark dem Winde ausgesetzte Kahlflächen sind ihr unzuträglich. Durch Aufrechtstellen der Seitenäste neigt sie zu mehrmaliger Gabelung des Stammes. Ihr Reproduktionsvermögen ist sehr beträchtlich. Als Parkbaum pyramidenförmig und bis zum Boden beastet, ist sie dekorativer wie Thuja occidentalis.

2. Chamaecýparis obtúsa Siebold et Zuccarini. Stumpfblätterige Sonnenzypresse, Hinoki. In Zentraljapan, weit von der Küste entfernt, bildet die Hinoki zwischen 300 und 1800 m ausgedehnte, mit 200 Jahren noch kerngesunde Waldungen und gedeiht am besten im Hochgebirge. Sie ist forstlich die wichtigste Konifere Japans und erreicht 30—50 m Höhe bei 1½—2 m Durchmesser. Die Zweige mit überhängenden Spitzen, dicker und steifer als bei der Lawsonia, unterseits mit einer Reihe feiner, weißer x-förmiger Streifen. Schuppenblätter sehr dicht. Kantenblätter mit stumpfer, gegen die Zweigachse gewendeter Spitze; Flächenblätter eirund-rhombisch, kleiner, angedrückt. Zapfen 10 mm dick. Samen



mit Harzbläschen, meist zu 2 unter jeder Schuppe; Flügel nur ⅓ so breit wie der rundlich-elliptische Same. Holz im Kern hellrosa, sehr dauerhaft, fein gefügt (Früh- und Spätholz gleich hart!) in Japan das feinste, wertvollste Weichnutzholz vom Gewicht 0.37. 1862 in Europa eingeführt, wurde sie in den letzten 15 Jahren forstlich vielfach versuchsweise angebaut. Die Entwickelung ist in den ersten 2 Jahren sehr langsam, dann ist sie ziemlich raschwüchsig, 4—5 jährige Pflanzen 50—70 cm, 7 jährige 1,5—1,7 m, 15 jährige 4 m (in Grafrath), 7 m am Rhein. Als Halbschattholz eignet sie sich nach Schwappach auf besseren Buchenstandorten besonders als Mischholz zu Buchen, Tannen und Lärchen, sowie zum Auspflanzen von Lücken in Naturverjüngungen. Vom Wilde wird sie wegen ihres unangenehmen Geruchs und Geschmacks wenig beschädigt, ist dagegen wie keine andere Holzart der Gefahr des Mäusefraßes ausgesetzt, und stirbt natürlich ab, wenn die Rinde rings um den Wurzelhals abgenagt ist. Die Keimlinge, die nach 3—4 Wochen auflaufen, sind gegen Hitze und Frost sehr empfindlich, Beschirmung derselben ist daher unbedingt geboten, später ist die Pflanze gegen Ueberschirmung sehr empfindlich, dagegen für Seitenschutz dankbar und erträgt Winterkälte noch besser als die Lawsoniana, ist aber, wie alle Zypressen, gegen Schneedruck empfindlich. Die Wurzelbildung ist vorzüglich. Zu gutem Gedeihen braucht die Hinoki frischen, kräftigen Boden.

§ 57. Cupréssus sempervírens Linné. Die echte Zypresse ist mit ihrem an die Pyramidenpappel erinnernden Wuchs ein Charakterbaum der Mittelmeerländer, insbesondere der Friedhöfe, hält aber in Deutschland als Zierbaum nur in den allermildesten Lagen (Mainau, Südtirol) aus. Bestandbildend tritt sie nur auf der Dalmatinischen Halbinsel Sabbioncello auf, wo ein alter, über 11 Hektar großer, durch eigenen Samenabfall sich verjüngender Zypressenwald stockt.

§ 58. Wacholder (Juniperus). Die Nadeln, welche oberseits einen (bis zwei) weiße Spaltöffnungsstreifen tragen (Unterschied von Cupressineenjugendformen), stehen in 2- oder 3 gliedrigen Quirlen. Die Blüten sind 2 häusig und stehen endständig an mit Schuppenblättern besetzten Seitenzweigen, die männlichen sind eiförmig und bestehen aus zahlreichen schildförmigen Staubblättern mit je 3—7 blasigen Pollensäcken; die Fruchtschuppen der weiblichen Blüten, die nur je eine Samenanlage tragen, werden nach der Bestäubung fleischig und verwachsen miteinander und mit den tiefer stehenden sterilen Fruchtschuppen zu einem Beerenzapfen, der sog. Wacholderbeere, an dessen Scheitel die freigebliebenen Ränder der verwachsenen Fruchtschuppen noch deutlich zu erkennen sind. Samenreife 2 jährig.

### A. Aechte Wacholder (Sektion Oxýcedrus).

Nadeln schmal lanzettlich, am Grunde abgegliedert, in dreizähligen, abwechselnden Quirlen. Beerenzapfen nur aus 3 Fruchtschuppen gebildet, fast sitzend.

1. * Juníperus commúnis Linné. Gemeiner Wacholder. (Franz. Genévrier.) Kranewit (Bayern), Machandel (Ostsee), Kaddick (Ostpreußen), Geneverboom (Vläm). Nadeln steif, bis 4 Jahre bleibend, meist 10—15 mm lang, 1 (bis höchstens 2) mm breit, im oberen Drittel allmählich in eine scharfe Stachelspitze verjüngt, gerade, mehr oder weniger abstehend, oberseits mit breitem, bläulichweißem Mittelstreif, unterseits hellgrün; im Querschnitt ein Gefäßbündel und darunter ein großer Harzgang. Beerenzapfen sehr kurzgestielt, im 1. Herbst eiförmig, grün, im 2. nahezu kugelig, dunkelbraun-

violett, hechtblau bereift, 6 bis 9 mm groß, mit 3 Samen, die 1—2 Jahre bis zur Keimung überliegen. Die braune Rinde verwandelt sich schon vom 2. Jahre ab in eine längsrissige, in Schuppen und Streifen sich abschilfernde Faserborke. Das Holz ist feinfaserig, weich, zähe, sehr fest und dauerhaft. Wuchs meist niedrig strauchartig, seltener baumartig schlank kegelförmig bis zu 10 m Höhe. In der Tracht, wie in Größe und Gestalt der Nadeln sehr veränderlich.

Das Verbreitungsgebiet des gemeinen Wacholders reicht mit sehr ungleicher Verteilung in Europa von Portugal bis zum Kaukasus und von den Inseln des Mittelmeers bis zum Nordkap; außerhalb Europas kommt er im mittleren und nördlichen Asien bis Kamtschatka, in Algerien und Nordamerika vor. Im südlichen Teil seines europäischen Verbreitungsbezirks ist er auf die Gebirge beschränkt, in den Alpen steigt er bis 1500 und 1600 m. Sehr genügsam in seinen Standortsansprüchen wächst er auf allen Bodenarten vom trockenen, festen Sand- bis zum sumpfigen Moorboden, teils im Walde, namentlich an frischeren Stellen, als Bodenschutzholz, teils für sich allein größere und kleinere Strecken bedeckend, besonders in Norddeutschland (Lüneburger Heide, Ostpreußen), aber auch als einziges Nadelholz und einzige immergrüne Holzart auf den sandigen Höhen zwischen Donau und Theiß mitten im steppenreichen Gebiet des ungarischen Tieflandes.

2. Juníperus nána Willdenow. Zwergwacholder. Neuerdings als Form zur vorhergehenden Art gerechnet, mit der er durch eine Reihe von Uebergängen verbunden ist. Der Zwergwacholder bildet niederliegende, bis 30 cm hohe Sträucher mit kurzen und dicken Zweigen, sehr gedrängt stehenden Nadelquirlen, mit weicheren, nur 4—8 mm langen, meist bis 1 mm unter der sehr kurzen Stachelspitze wenig verschmälerten, mehr oder weniger gegen den Trieb aufwärts gekrümmten, anliegenden, meist deutlich kahnförmigen Nadeln. Diese in den Alpen (bis 2500 m) und Karpathen, dem Iser- und Riesengebirge und den Sudeten verbreitete Form, die ihren Hauptverbreitungsbezirk aber in den Polarländern hat, ist ohne forstliche Bedeutung.

3. Juníperus Oxýcedrus Linné. Zeder-Wacholder (inkl macrocárpa Sibth), mit großen, braunroten Beerenzapfen, ist in der ganzen Mittelmeerzone, also auch in Istrien und Dalmatien, in der immergrünen Buschformation sehr verbreitet.

**B. Sadebäume (Sektion Sabina).**

§ 59. Nadeln klein, zu 2 gegenständig oder zu 3 quirlig, nicht abgegliedert, am Stengel herablaufend, zweigestaltig: an jungen (z. T. auch an älteren) Pflanzen länglich lanzettlich, weit abstehend, an älteren Pflanzen kurzoval-dreieckig, schuppenartig anliegend. Beerenzapfen aus 4—9 Schuppen, wie die männlichen Blüten deutlich gestielt. Pflanzen unvollkommen zweihäusig.

4. * Juníperus Sabína Linné. Gemeiner Sadebaum, Sevenbaum. Nadeln fast alle kreuzweis gegenständig, beim Zerreiben zwischen den Fingern sehr stark und unangenehm aromatisch riechend. Beerenzapfen auf bis 5 mm langem, hackig rückwärts gebogenem Stiel, bis 9 mm groß, bräunlich-schwarzblau, hechtblau bereift. — Der Sadebaum bildet gewöhnlich Büsche mit niederliegenden, am Ende aufstrebenden Zweigen, seltener aufrechte, bis 1½ m hohe Büsche, noch seltener 3—4 m hohe Bäume. Das Längenwachstum der Zweige ist ein eigenartiges



insofern, als es hier (wie beim Epheu) durch den Winterfrost nur einen Stillstand erfährt und, sobald die Temperatur es gestattet, sogleich wieder da fortfährt, wo es im Herbste aufgehört hat. Er ist eine Hochgebirgspflanze Südeuropas, in den Alpen vielfach verbreitet, in Deutschland wird er in Bauerngärten mit Vorliebe kultiviert und sorgt dann dafür, daß der Gitterrost der Birnbäume (siehe diesen) nicht aufhört.

5. Juníperus virginiána Linné. Virginischer Wacholder, Bleistiftzeder, die 80% des Bleistiftholzes für den Welthandel liefert. Benadelte Zweige denen des Sadebaumes oft sehr ähnlich, aber leicht dadurch zu unterscheiden, daß sie, kräftig zwischen den Fingern gerieben, den für Sabina charakteristischen Geruch vermissen lassen. Leittrieb steif aufrecht. Benadelung sehr variabel. Nadeln zum Teil zu 3 abwechselnd quirlig, schmal, nadelförmig, abstehend, 3—8 mm lang, zum Teil kreuzweis gegenständig, dachziegelig und rhombisch, angedrückt, alle scharf gespitzt. Beerenzapfen klein, 5 mm lang, kaum 4 mm dick, braunviolett, bereift, aufrecht. — 1664 als Parkbaum in Europa eingeführt, im östlichen Nordamerika als außerordentlich klimavage Pflanze von den kalten Küsten Neubraunschweigs bis zur tropischen Waldzone im heißen, winterlosen Florida heimisch, mit dem Optimum seiner Entwicklung (30 m Höhe) im Süden. Das Holz zeigt frisch gefällt einen prächtig roten Kern, der später einen gelbbraunen Ton bekommt, ist sehr aromatisch, dauerhaft und leicht (0,33). Bei uns ist er winterhart. Die Keimung erfolgt im 2. Frühjahr. In dem 5 Hektar großen Bleistiftwald des Freih. v. Faber bei Nürnberg auf Sand und lehmigem Sandboden, der 1876—81 mit 4 jährigen Ballenpflanzen angelegt wurde, waren 1889 die Bäumchen durchschnittlich 2½, die höchsten Exemplare auf frischerem Boden 3½—4 m hoch, 1902 betrug die Durchschnittshöhe 6—7 m. Im allgemeinen erreicht er bei uns in 75 bis 100 Jahren 16—18 m Höhe und scheint am besten auf frischem, mildem Lehmboden zu gedeihen. Bei den norddeutschen forstlichen Anbauversuchen hat er versagt. Die Bewurzelung geht mäßig tief. Die Mannbarkeit tritt bei uns zwischen dem 12. und 20. Jahre ein, worauf fast alljährlich ziemlich reichliche Samenjahre folgen.

§ 60. Familie Taxáceae. Eibenartige Nadelhölzer. Keine zapfenähnlichen weiblichen Blüten. Samen steinfruchtartig.

Diese Familie besitzt nur einen europäischen Vertreter:

* Táxus baccáta Linné. Eibe. (Franz. I f.) Nadeln 2 zeilig gescheitelt, flach, 2—3 cm lang und ca. 2 mm breit, denjenigen der Weißtanne ähnlich, aber stets zugespitzt, beiderseits mit vortretendem Mittelkiel, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits gelblichgrün, nicht bereift; im Querschnitt mit einfachem Gefäßbündel, ohne Harzgänge; giftig, aber nicht für Rehe und Hasen; Lebensdauer 6—8 (10) Jahre. Knospen sehr reichlich, besonders im oberen Teil der Zweige; viele bleiben schlafende Augen und erklären so das außerordentliche Ausschlagvermögen der Eibe. Rinde rotbraun, ähnlich wie bei der Platane sich abblätternd. Blüten 2 häusig; männliche schon im Herbst als kleine Knospen in der Achsel 1 jähriger Nadeln angelegt, meist zahlreich, mit ca. 10 schildförmigen Staubblättern auf beschuppten Stielchen, bleichgelb, mit 5—8 Pollensäcken. Pollen ohne Flugblasen. Weibliche Blüten einzeln oder zu wenigen, nackte Samenknospen auf kurzem Stielchen, laubknospenähnlich, im Frühjahr in den Achseln vorjähriger Triebe erscheinend. Same erbsengroß, dunkelolivbraun, von einer becherartigen, korallenroten, fleischigen Hülle (Arillus) umgeben, die eßbar ist und süß schmeckt.

Mannbarkeit nicht vor dem 20. Jahre. Blütezeit 2. Hälfte Februar bis Anfang Mai, Samenreife dto. August bis Oktober (November). Der Same liegt bei Herbstsaat 1—3, bei Frühjahrsaat 3—4 Jahre nach Willkomm über. Keimpflanzen denen der Weißtanne ähnlich, aber mit nur zwei Keimnadeln und ohne weiße Streifen. Entwicklung anfangs sehr langsam, bis zum 6. Jahre durchschnittlich nur 2½—3 cm jährlich, dann etwas rascher, aber viel langsamer als bei allen andern europäischen Nadelhölzern; nur unter sehr günstigen Umständen



Abb. 60.
Junger, wilder, ca. 8 m hoher Taxus im Buchenwald bei Thiengen. L. Klein phot. Aeltere Bäume, siehe Klein, Bäume Badens Taf. 123 u. 125. 8 schöne Abbildungen uralter Eiben in dem schönen Buche von Gadeau de Kerville, Vieux arbres de la Normandie Bd. I. 1895.

mit 10 Jahren 2 m hoch. Die Maximalhöhe geht selten über 10—15 m hinaus, doch kann die Stärke eine sehr beträchtliche werden und das Alter viele Jahrhunderte erreichen. Sehr starke alte Eiben und namentlich hohle Stümpfe solcher werden dem Alter nach gewöhnlich weit überschätzt. Man übersieht dabei, daß die Eibe

höchstens bis zu 200 oder 250 Jahren einen einfachen Stamm hat und dann polykormisch wird; sie besitzt zu dieser Zeit stets zahlreiche, kräftige Wurzelschößlinge an der Basis des alten Stammes, die mit ihm und untereinander nach und nach verwachsen. In der Jugend gleicht der Baum einer kümmerlichen Weißtanne. Hauptäste weit abstehend und der Edeltanne ähnlich, aber ohne Quirlknospen, vorzugsweise zweizeilig verzweigt. Alte Stämme spannrückig, sehr abholzig, mit gegabeltem Stamm oder tief unten entsprungenen Tochterstämmen. Das wertvolle Holz hat einen sehr schmalen, gelbweißen Splint und einen rotbraunen Kern, ist schwer (0,76), ungemein feinjährig, sehr elastisch, fest und hart, schwerspaltig. Im Altertum und Mittelalter wurde es vielfach zur Anfertigung von Bogen und Armbrüsten verwendet. Jahrringgrenzen durch das dunkle Spätholz sehr deutlich, Markstrahlen nur mit der Lupe erkennbar. Anatomisch ist es durch das Fehlen von Harzgängen — auch in der Rinde fehlen sie — und durch sehr deutliche Spiralverdickungen sämtlicher Tracheiden ausgezeichnet. — Die Eibe ist über ganz Europa verbreitet und darüber hinaus bis zum Kaukasus und bis nach Persien mit sehr ungleichmäßiger Verteilung und war in früheren Jahrhunderten in Deutschland viel häufiger, wo sie gegenwärtig sehr zerstreut, einzeln bis zahlreich, aber nie mehr bestandbildend auf frischem oder feuchtem, namentlich kalkhaltigem Boden in Wäldern vorkommt und durch ihre Fähigkeit, Schatten und engen Bestandesschluß zu ertragen, alle europäischen Nadelhölzer weit übertrifft. Gegen Freistellung ist sie in der Jugend sehr empfindlich und so bei ihrer Langsamwüchsigkeit eine im Kulturwalde, namentlich bei Kahlschlagbetrieb, leider meist auf dem Aussterbeetat stehende Holzart.

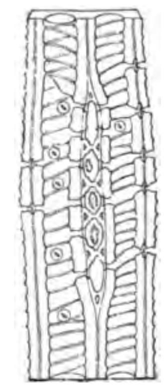


Abb. 61. Taxusholz im tangentialen Längsschnitt, einen einreihigen Markstrahl zwischen zwei Tracheiden mit spiraligen Verdickungsbändern und Hoftüpfeln zeigend. — Vergr. 270 (aus Hempel und Wilhelm).

## B. Die Laubhölzer.

### 1. Kätzchenträger.

§ 61. Ein- oder (Weiden und Pappeln) zweihäusige Bäume mit eingeschlechtigen Blüten, die zu Kätzchen vereinigt sind. Unter Kätzchen versteht man Aehren oder ährenförmige Blütenstände, welche, falls nur männliche Blüten vorhanden sind, nach dem Verblühen als Ganzes abfallen und an einer fleischigen, meist schlaff hängenden Achse dicht gedrängt unscheinbare Blüten oder dichasiale Blütenknäuel tragen. Samen ohne Nährgewebe. Windblütler, mit Ausnahme der Weiden.

#### A. Nußfrüchtige Kätzchenträger.

Buchenartige Laubhölzer (Familie Fagaceae). Fruchtknoten 3 fächerig (bei Castanea 6 fächerig) mit je zwei Samenknospen, von denen sich aber nur ein Fach zur 1 samigen Schließfrucht entwickelt. Früchte einzeln oder zu mehreren von einer schon zur Blütezeit vorhandenen, mit Niederblättern besetzten Achsenwucherung, der Kupula, eingeschlossen oder von ihr am Grunde umgeben. Blütenstände in der Achsel diesjähriger Blätter. Die wechselständigen Blätter besitzen hinfällige Nebenblätter. — Die

eigentliche Befruchtung der Samenknospen findet immer erst geraume Zeit nach dem Ausstäuben des Pollens und dem Eindringen des Pollenschlauchs in die Narbe statt; bei den Eichen sind zur Blütezeit die Fruchtknoten noch ungefächert und die Samenknospen noch gar nicht angelegt.

§ 62. * **Fagus silvatica Linné, Rotbuche** (franz. Hêtre), ist bei uns der verbreitetste, bestandbildende Laubholzbaum. **Winterknospen**




Abb. 62.

Blüten und Früchte der Fagaceae. 1—4 **Fagus silvatica:**

1. männliche Blüte, vergr., 2. weiblicher Blütenstand, von der weichstacheligen Kupula umschlossen, 3. reifer Fruchtstand mit den 2 Nüßchen und der Kupula, 4. weibliche Blüte vergr. — 5—7. **Quercus pedunculata:** 5. männliche Blüte, 6. weibliche Blüte, 7. desgl. im Längsschnitt, alles vergr. — 8. Frucht von Quercus coccinea. — 9—12. Castanea sativa: 9. männliche Teilinfloreszenz (7 blütiges Dichasium) im Knospenstadium, 10. männliche Blüte, 11. weibliche Teilinfloreszenz (dreiblütiger Blütenknäuel), von der jungen Kupula umschlossen, alles vergr., 12. desgleichen, etwas weiter entwickelt und etwas stärker vergrößert; ein Teil der Kupula ist durch Entfernung der stacheligen Niederblätter freigelegt (aus v. Wettstein, Syst. Bot.).

zimtbraun, spindelförmig, spitz, seitlich weit abstehend, 1—3 cm lang, mit zahlreichen Knospenschuppen. Nicht selten fehlt die Gipfelknospe und dann nimmt die oberste Seitenknospe ihre Stelle ein. Blätter 2 zeilig, auf der Zweigunterseite einander etwas genähert, Knospen auf der Blattoberseite genähert, etwas aus der Blattachsel herausgerückt. Die Jahrestriebe sind gegeneinander abgegrenzt durch die dicht stehenden Ringwülste der Knospenschuppennarben, zwischen denen winzige „Kleinknospen" vorhanden sein können. Blätter in der Knospe längs des Mittelnervs zusammengelegt, zwischen den Seitennerven gefaltet, am Rande, auf den Nerven und am Stiele dicht seidenhaarig; entfaltet spitz eiförmig oder am Grunde keilig, 4—10 cm lang mit ½—1 ½ cm langem Stiel, am Rande wellig oder schwach gezahnt und gewimpert, oberseits dunkelgrün glänzend, unterseits heller grün, alt nur noch in den Nervenwinkeln und an der Mittelrippe flaumig. Seitennerven 5—9. Nebenblätter schmal zungenförmig, knickfaltig, dünnhäutig, 2—3 cm lang, rotbraun oder rötlich. Männliche Kätzchen langgestielte (bis 5 cm), hängende, vielblütige, kugelige, dichasiale Knäuel an der Basis der Zweige in den untersten Blattachseln und zwischen den obersten Knospenschuppen; an schwächeren Trieben in der Regel nur männliche Kätzchen; männliche Blüte (Abb. 62, Fig. 1) mit glockenförmigem, 4—7 spaltigem, gelblichrötlichem, weißzottigem Perigon und 8—12 lang gestielten Staubfäden mit gelben Staubbeuteln. Weibliche Kätzchen (Abb. 62, Fig. 2) kurzgestielte, in den oberen Blattachseln kräftiger Langtriebe straff aufrecht stehende, 2 blütige Dichasien, deren in der Regel fehlende Mittelblüte ausnahmsweise als 3. Blüte zur Entwicklung kommt; weibliche Blüten (Abb. 62, Fig. 4) mit 6 teiligem, mit dem 3 kantigen Fruchtknoten größtenteils verwachsenem Perigon, zu zweien in die 4teilige, weichstachelige, seidig-zottige Kupula bis auf die vorragenden, gekrümmten, rötlichen oder gelben Narbenarme jeder Blüte völlig eingeschlossen. Kupula zur Reifezeit verholzt, gelbbraun, mit pfriemenförmigen, umgebogenen Weichstacheln (Niederblättern) dicht besetzt, 4 klappig aufspringend (Abb. 62, Fig. 3). Früchte (Buchecker, Bucheln) glänzend rotbraun, ca. 1 ½ cm lang, spitzeiförmig, 3kantig, an der Spitze einen pinselförmigen Rest des Perigons tragend, mit lederiger Fruchtwand und gefalteten, ölreichen Kotyledonen. 1 Hektoliter Buchecker wiegt 40—50 Kilo; auf das Kilo gehen durchschnittlich 4000 bis 4500.

Die Mannbarkeit tritt spät ein, bei freiem Stande mit dem 40.—50., im Schlusse selten vor dem 60., oft erst mit dem 80. Jahre. Zu Beginn des mannbaren Alters sind nur einzelne Zweige oder Zweigsysteme mit Blüten besetzt, später, in guten Samenjahren, ist oft die ganze Krone über und über mit Blüten bedeckt. Samenjahre (Vollmasten) in der Ebene und im Hügelland häufiger als im Gebirg, unter günstigeren Verhältnissen alle 5—8, unter ungünstigeren alle 9—12 Jahre; dazwischen namentlich im Gebirge, fast nie in der Ebene, ca. alle 3—4 Jahre reichliche Samenerzeugung einzelner Bäume (Sprengmasten); Blütezeit fast gleichzeitig mit dem Laubausbruch, je nach Klima und Lage Ende April bis Ende Mai; Samenreife im September oder Oktober; Keimfähigkeit 70—80%, doch sind auch 50—60% noch als gut zu bezeichnen; Dauer der Keimkraft kurz, ca. ½ Jahr. Auflaufen der im Herbst gesäten oder ausgefallenen Bucheln im April oder Mai des nächsten Frühjahres, nach Frühjahrssaat in 5—6 Wochen, mitunter erst im nächsten Frühjahre. Bei der Keimung hebt das kräftige hypokotyle Glied die noch im Samen eingeschlossenen Kotyle-

donen bis 6 cm in die Höhe, worauf diese sich zu halbkreisförmigen, bis 4 cm breiten, oben glänzend dunkelgrünen, unten weißen, dickfleischigen Blättern entwickeln, die im Juli abfallen. Nach Entfaltung zweier normaler, gegenständiger Blätter schließt der erstjährige Trieb sein Wachstum mit einer endständigen Winterknospe ab. Der Wuchs ist in den ersten 4—5 Jahren, besonders bei Ueberschirmung, sehr langsam, ca. 8—11 cm pro Jahr; im 2. Jahre verlängert sich lediglich die Haupt-



Abb. 63.
Polykormische Weidbuche von ca. 25 m Höhe und 4,66 m Stammumfang bei Wieden (Schwarzwald).

achse und bildet meist 5—7 wechselständige Blätter. Vom 5. Jahre an steigert sich der Höhenwuchs und der Baum erreicht im Durchschnitt im 10. Jahre $^3/_4$ m, im 20. 3 m, im 30. 6 m, im 40. 10 m, im 50. 14 m, im 60. 17 m, im 70. 19 m, im 80. 21 m, im 100. 23 m, und im 120. 25 m (unter günstigsten Verhältnissen bis 32 m, ausnahmsweise bis 39 m und selbst bis 45 m (Oberförsterei Mühlenbeck in Pommern) in diesem Alter. Die dominierende Stammklasse auf bestem Boden wächst in der Zeit vom

10. bis 40. Jahre um etwa 50 cm jährlich (Maximum des Höhenwuchses). Mit 100 Jahren ist der Höhenwuchs meist schon unmerklich. Der Stärkezuwachs nimmt meist vom 60. Jahre an sehr ab. Nur ausnahmsweise erreicht die Buche unter günstigsten Verhältnissen ein Alter von 300 Jahren bei 80 cm bis 1 m Durchmesser. Größere Stärken, bis zu 2 m kommen fast nur bei isoliert aufgewachsenen Weidbuchen u. dgl. vor. Gewöhnlich wird die Buche gegen das 160., auf armem Boden oft schon vom 120. Lebensjahre an wipfeldürr und kernfaul.

Die Verzweigung ist sehr dicht, das Mark der Zweige im Querschnitt unregelmäßig eckig. Die zahlreichen Langtriebe hängen an der Spitze über,



Abb. 64.
Schönste Weidbuche vom Ochsenboden bei Wieden (Schwarzwald). Umfang (3. IX. 1897) 5,90 m an der schmalsten Stelle des dicken Stammes. Höhe 26 m.

so lange sie weich sind, später stehen sie straff aufrecht, von Knospe zu Knospe knickig hin- und hergebogen. Aus den unteren Seitenknospen der Langtriebe entstehen bei älteren Bäumen zahlreiche, langlebige, unverzweigt bleibende, am Ende eine Blattrosette tragende Kurztriebe, deren Oberfläche durch die einander genäherten Blatt- und Knospenschuppennarben höckerig und dicht quergeringelt erscheint. Unter günstigen Umständen können diese Kurztriebe wie bei den Lärchen zu Langtrieben auswachsen. Der gleichmäßig gerundete, nie spannrückige, aber bei alten Bäumen mitunter deutlichen Drehwuchs zeigende Stamm hält bei dichtem Schluß meist bis zum Wipfel aus und reinigt sich 15—18 m und höher von Aesten. Die sehr reichästige Krone, beim freiständig erwachsenen Baume breit und tief herabreichend, im Bestandesschluß schmäler und hoch angesetzt, von schief auf-

strebenden Aesten getragen, ist in der Jugend kegelförmig, später besenförmig, im höheren Alter domartig abgewölbt und durch die starke Verzweigung und die selbst im Innern alter Bäume dichte Belaubung, sowie durch die schirmartige Anordnung der 2 zeilig beblätterten Zweigsysteme außerordentlich dicht schattend. Die Ausschlagfähigkeit ist nicht bedeutend. Der Stockausschlag erfolgt der Hauptsache nach aus Adventivknospen des Ueberwallungswulstes. —

Die Bewurzelung besteht anfänglich aus einer kräftigen, wenig verzweigten Pfahlwurzel, die nach 4—5 Jahren zu wachsen aufhört, und deren oberer Teil zu einem knorrigen Wurzelstock wird, aus dem kräftige, seitlich weit streichende Seitenwurzeln entspringen, die als Herzwurzeln, auf zerklüftetem Felsboden sich abplattend, oft tief in die Spalten des Gesteins eindringen, auf flachgründigem Boden



Abb. 65.
Große, buschige Weidbuche von 6 m Gesamtumfang von der Höchsthalde bei Brandenberg (Schwarzwald). — L. Klein phot.

aber auf weite Strecken oft ganz oberflächlich verlaufen und häufig miteinander verwachsen.

Die stets verhältnismäßig sehr dünne Rinde ist an jüngeren Stämmen und Zweigen dunkel olivgrün bis graubraun, glänzend und glatt, an älteren weißgrau gefleckt, an alten perlmutterglänzend silbergrau, indem sich etwa vom 10. Jahre an im abgestorbenen Periderm Krustenflechten (Graphis scripta, Opegrapha varia, Verrucaria biformis und die nur hier vorkommenden Opegrapha venosa und Parmelia speciosa u. a.) entwickeln, zuerst helle Flecke bilden, die später mehr und mehr zusammenfließen und an alten Bäumen ihre schwarzen, oft ähnlich wie Schriftzeichen angeordneten Fruchtkörper zutage treten lassen. Die an Steinzellnestern außerordentlich reiche, bastfaserfreie Rinde bleibt gewöhnlich zeitlebens geschlossen;

nur ausnahmsweise bildet sie im Schluß (Steinbuche) im unteren Teile des Stammes eine längs- und querrissige, schwache Borke, während bei sehr alten, exponiert stehenden Weidbuchen eine solche Borkebildung häufig ist. Vom Holzkörper losgelöste Rindenstücke zeigen auf der Innenfläche Markstrahlleisten, scharfe, rippenartige, aus Steinzellen aufgebaute Vorsprünge, welche in die breiten Markstrahlen des Holzkörpers etwas eindringen. Als Rindenknollen bezeichnet man bis walnußgroße holzige Kugeln, welche in der Rinde steckend nach außen vorstehen, einer abnormen Entwicklung schlafender Augen ihre Entstehung verdanken und bis 50 Jahre alt werden können.

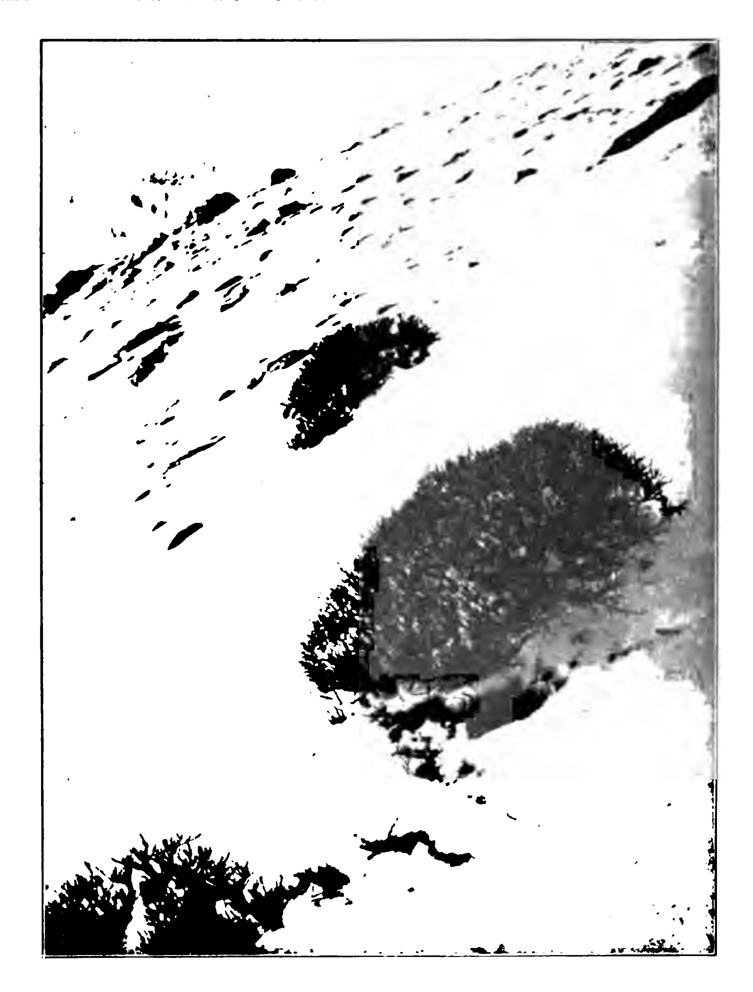


Abb. 66.
Niedere Kuhbuchen-Büsche bei Wieden (Schwarzwald) im Schnee. L. Klein phot.

Das zerstreutporige Holz ist rötlichweiß, ohne gefärbten Kern — der rotbraune „falsche“ Kern ist eine Krankheitserscheinung (vgl. S. 333) — hart, schwer (0,63—0,83), leicht spaltbar, wenig elastisch, gedämpft leicht zu biegen, bei wechselnder Nässe und Trockenheit von sehr geringer Dauer, unter Wasser aber sehr dauerhaft, von ganz vorzüglicher Brennkraft. Die breiten, sehr scharf begrenzten Markstrahlen, zwischen denen sich die Jahrringgrenze etwas aus-

baucht, nehmen etwa $^1/_{10}$ der Querschnittsfläche ein; sie bilden auf der radialen Spaltfläche atlasglänzende „Spiegel", auf der Oberfläche des Holzkörpers oder auf der tangentialen Spaltfläche zahlreiche, sehr charakteristische, kurze, spindelförmige Streifen. Zwischen den breiten verlaufen zahlreiche feine Markstrahlen. Die Höhe der breiten Markstrahlen beträgt beim wenigjährigen Zweig mindestens die Höhe eines Internodiums, im alten Holz dagegen nur etwa 2 mm, weil die anfänglich langen Markstrahlen im Verlaufe des sekundären Dickenwachstums durch eindringende Fasern und Tracheiden in die niederen Bänder des alten Holzes zerlegt werden. Bei anatomischer Betrachtung zeigen sich die schmalen Markstrahlen im Querschnitt aus einer oder wenigen parenchymatischen Zellreihen, die breiten aus



Abb. 67.
Buchen-Kuhbüsche in verschiedenen Stadien des Auswachsens vom Weidfeld des Hüttenwasens beim Feldberg (Schwarzwald). — L. Klein phot.

20 und mehr Reihen in radialer Richtung gestreckter Fasern aufgebaut. Die weiten Gefäße sind an den Enden meist ringförmig, die engeren meist leiterförmig durchbrochen. Die Hauptmasse des Holzes bilden sehr dickwandige, langgestreckte, beiderseits scharf zugespitzte Holzfasern; Holzparenchym (gekammerte Fasern) und Tracheiden sind nur in mäßiger Menge entwickelt (vgl. Abb. 6).

Die geographische Verbreitung der Buche erstreckt sich mit sehr ungleichmäßiger Verteilung über fast ganz Europa; im Süden geht sie als Gebirgsbaum bis nach Sizilien, fehlt aber im südlichen Griechenland und Spanien; im Norden bis zum nördlichen Schottland, dem südlichen Skandinavien und Ostpreußen bis Königsberg. Die Ostgrenze verläuft von Königsberg bis Kischinew in Südost-Ruß-

land. Die Buche der Krim ist zweifelhaft, diejenige des Kaukasus und der vorderasiatischen Gebirge dagegen ist jetzt von F. silvatica abgetrennt als F. orientalis Lipsky. Das inselartige Vorkommen der Buchenwälder ist daraus zu erklären, daß sie mit Ausnahme des Hagenauer Forsts im mittleren Rheintal und dem baltischen Bezirk von Schleswig-Holstein bis Ostpreußen überall von Hause aus Gebirgsbaum ist. Durch Anbau ist die Buche innerhalb ihres natürlichen Bezirks, wie über dessen Polargrenze hinaus verbreitet worden. In Skandinavien und England steigt sie bis 190 m, im Harz bis 650 m, im Thüringerwald bis 800 m, im Erz- und Riesengebirge bis 650 und 1170 m, in den süddeutschen Gebirgen, den Karpathen und Zentralalpen bis 1100 und 1250 m, in den Ostalpen bis 1400 m, in den bayrischen und Tiroler Alpen bis ca. 1500 m, im Schweizer Jura meist nur bis 900 m (während sie als Krüppelform hier wie in den Alpen viel höher geht), in den südlichen Alpen bis 1700 m, im Apennin über 1950 m, am Aetna bis 2100 m. Nach den Standortsansprüchen gehört die Buche zu den anspruchsvollsten Holzarten; sie verlangt zu gutem Gedeihen einen mineralkräftigen und humusreichen Boden, der stets mäßig durchfeuchtet und etwas locker ist. Die geognostische Herkunft des Bodens ist von untergeordneter Bedeutung, vorausgesetzt, daß derselbe das große Kali-, Kalk-, Phosphorsäure- und Magnesiabedürfnis



Abb. 68.
Schneedruck-Buchen am Dietschel beim Wiedener Eck (ca. 1300 m) (bad. Schwarzwald). — L. Klein phot.

der Buche zu decken vermag. Anhaltende Bodennässe wie Trockenheit sagen ihr nicht zu, weshalb sie puren Torf-, Heide- und Sandboden meidet, aber auch den fruchtbaren Aueboden, strengen Ton- und reinen Kalkboden. Die Ansprüche an die Luftfeuchtigkeit sind mittlere, jedenfalls geringer als bei der Fichte, das Schattenerträgnis von allen heimischen Laubholzarten am größten, unter den Nadelhölzern nur von Tanne und Eibe übertroffen. Die ausgesprochene Schattholzart verrät die dichte Belaubung, der große Stammreichtum der Bestände, die unübertroffene Fähigkeit des Baumes, dichten Bestandesschluß herzustellen und das Gedeihen des jungen Nachwuchses unter dem Kronendach der alten Bäume. Mit ihrem dichten Kronenschluß und reichlichen Laubabfall gehört die Buche zu den bodenbessernden Holzarten. Die Blätter, die sich vor dem Laubfall leuchtend braungelb färben, bleiben nach dem Vertrocknen an Heckenpflanzen, Stockausschlag u. dgl. wie bei der Eiche häufig den Winter über haften.

Die Variationsfähigkeit der Buche ist gering. Nach Wuchs, Rinde, Blattfarbe und Blattbau unterscheidet man folgende Spielarten, die wild sehr selten sind:

1. L. péndula Lodd., die Hänge- oder Trauerbuche, mehrfach wild in Wäldern bei Metz und in England, bekannter Zierbaum in Gärten und Parkanlagen mit bis zum Boden reichender Krone.

2. L. tortuósa Aut., die Schlangenbuche, mit schlangenförmig hin und hergebogenen Stämmen, Aesten und Zweigen, auf dem Jurazug Süntel bei Hannover einen ganzen Bestand bildend, vereinzelt in Lothringen (die zwei „tollen Buchen" bei Metz), in Württemberg im Forstamt Rauschenberg, in Hessen-Nassau, bei Paderborn usw., mitunter mit der pendula-Spielart kombiniert. Hierher möchte ich auch die in den ausgedehnten Buchenwäldern Dänemarks nicht seltenen „Renkbuchen"[1]) rechnen, wie dort abnorme Buchen mannigfacher Gestalt mit erblichem Krummwuchs genannt werden, merkwürdig auch dadurch, daß die Abnormität des Mutterbaums bei den Nachkommen häufig in ganz anderer Gestalt auftritt (was wohl auf Kreuzung mit normalen oder anders als der Mutterbaum gestalteten Renkbuchen zurückzuführen ist). Gute Abbildungen der Schlangenbuche in den Mitt. d. D. Dend. Ges. 1911 S. 269 und Vegetationsbilder 9 Reihe (1912) Taf. 43, Forstbot. Merkbuch für Hessen-Nassau Taf. 6 (S. 102).

3. L. pyramidális Petz. u. Kirchn., die Pyramiden-Buche, bei der sämtliche Zweige aufstrebend sind und eine an die „Pyramiden"-Pappel erinnernde Krone bilden, äußerst selten wild, meist in Gärten.

4. L. quercoídes Persoon, die eichen- oder gefeldert-rindige Buche[2]), mit dickerer, gefelderter Rinde, mehr an eine jüngere Schwarzerle, wie an Eiche erinnernd, z. T. auch mit starker Borkenschuppen mit reichlicher Korkproduktion, auch bei jungen Pflanzen. Gefunden im Harz, bei Gotha, in Württemberg und Baden.

5. L. purpúrea Aiton, die Blutbuche, mit grünroten bis schwarzroten Blättern, in Deutschland wild nur in einem ca. 200 Jahre alten Exemplar bei Sondershausen, schon früher in 3 Bäumen bei Buch am Berg Irchel (Kanton Zürich) gefunden, bei Arco in Südtirol mehrfach und neuerdings ist in der Oberförsterei Rötgen bei Aachen eine ca. 10 jährige Blutbuche aus Saat von einer grünen Buche erhalten worden. Ein gewisser Prozentsatz der Früchte der Blutbuche liefert wieder rotblätterige

1) Oppermann im Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen 1909 S. 108 ff. mit vielen Abbildungen.

2) Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1910 Heft 7 u. 12.



Sämlinge, am reichlichsten solche aus der Mitte der Baumkrone, weil hier die Kreuzungsgefahr mit dem Pollen von grünblätterigen Bäumen am geringsten ist. — Beliebter Zierbaum, dessen Blätter um so dunkler schwarzrot gefärbt sind, je sonniger der Standort ist.

6. L. variegáta mit weiß oder gelb geflecktem Laub. Von dieser Spielart wurde ein Exemplar, „Hartigs Buche", „foliis striatis" mit goldgelb gestreiftem Laub in Hessen wildwachsend gefunden.

7. L. incísa Willdenow, mit eingeschnitten gezähnten, lang zugespitzten Blättern, nur bei Ettlingen in Baden, wie die als asplenifolia, heterophylla, laciniata, cristata, quercifolia usw. bezeichneten, nur in Gärten vorkommenden Formen mit zerschlitztem Laube auch kultiviert.

Als Standortsformen sind von der langschäftigen Gebirgsbuche zu unterscheiden: die Insel- oder Küstenbuche, die auf den Inseln und in den Küstenländern der Ostsee allein vorkommt und auch im Schlusse eine tief angesetzte, umfangreiche Krone und einen kürzeren aber stärkeren Stamm bildet. Einen ähnlichen Wuchs zeigen die malerischen alten Weidbuchen des süd-



Abb. 69.
Windgepeitschte und z. T. gescherte Rotbuchen auf den Weidfeldern des Stohren beim Schauinsland im bad. Schwarzwalde. Meereshöhe ca. 450 m. L. Klein phot.

lichen Schwarzwaldes und der rauhen Alb. Oft aus Verbiß-Buchen entstanden, monokormisch, oder polykormisch aus ursprünglich mehreren bis vielen, teilweise oder vollständig zu einem kurzen, dicken, spannrückigen Stamm verwachsenen Teilstämmen. Als klimatische und sonstige Reduktionsformen sind zu nennen die knieholzartige Strauchbuche in rauher Gebirgslage Kroatiens, die derselben oft ähnliche, übrigens sehr variable Verbißbuche hochgelegener Weidfelder, die „Buchen-Kuhbüsche". Näheres hierüber siehe Klein, Bäume Badens S. 285 ff. u. Charakterbilder mitteleur. Waldbäume. In beiden Schriften sind die Standortsformen der Buche und besonders die Entwicklung des „Kuhbusches" zur polykormischen Weidbuche durch zahlreiche Abbildungen erläutert. Zu nennen sind ferner die sonderbaren Gestalten der Schneedruckbuchen, teils aus natürlicher Verjüngung hervorgegangen und an Hängen starken Säbelwuchs zeigend oder auch Stämme, die latschenähnlich bzw. schlangenartig ein mehr oder minder beträchtliches Stück auf dem Boden kriechen, ehe sich das Ende bogenförmig auf-

richtet, teils auch aus früheren Verbißbuchen entstanden. — Im höchsten Schwarzwald stellenweise sehr verbreitet, zum Teil an die Renkbuchen erinnernd.

Endlich gehören noch hierher die windgepeitschten und die windgescherten Buchen, wie sie z. B. an den Randbeständen der Küsten von Schleswig-Holstein, aber auch in hohen Gebirgslagen, wie am Elsässer Belchen und auf dem Schauinsland im Schwarzwald vorkommen. Die Krone ist dort in der Richtung des herrschenden Westwindes mehr oder weniger fahnenförmig lang ausgezogen (sog. „Fahnenwuchs"), während auf der Stoßseite des Windes die Aeste mehr und mehr zurückgebrochen werden (scherende Wirkung) und die Stummel sich bei jüngeren Bäumen oft auffallend dicht und kurz verzweigen. Auch der kurze Stamm ist nicht selten vom Winde auffallend schief gedrückt. Mit zunehmendem Alter überwiegt die scherende Wirkung des Windes, die Krone verlichtet sich mehr und mehr, die unteren Aeste sterben völlig ab und so entstehen schließlich die krummund knickstämmigen, grotesken Greisengestalten mit wenigen, wie hilfeflehend ausgestreckten Aesten, die noch kurze Zeit ein kümmerliches Dasein fristen.

### Die Eichen (Quercus).

§ 63. Blüten einzeln an der Kätzchenachse, Aehren bildend; männliche Kätzchen reichblütig, schlaff hängend; weibliche Kätzchen armblütig, Blütezeit gleich nach dem Laubausbruch. Die Keimblätter bleiben bei der Keimung, von der Fruchtschale umschlossen, unter der Erde. Die, Zweige besitzen stets eine größere Endknospe und spiralig ($^2/_5$) gestellte, gegen die Spitze des Triebs gehäufte, kurzgestielte, selten ganzrandige Blätter. Gegen 200 Arten.

1. * Quércus pedunculáta Ehrhart. Stieleiche, Sommereiche, (franz. Chêne male), unser stolzester Waldbaum. Knospen typisch dick, kantig eiförmig, ziemlich stumpf, mit zahlreichen Knospenschuppen; seitliche gerade über der dreieckigen, 3 Gruppen von Gefäßbündeln tragenden Blattnarbe abstehend, oberste unter der Endknospe quirlig. Junge Triebe oft rot überlaufen, die im Juni erscheinenden Johannistriebe nebst den Blättern anfänglich oft purpurrot. Blätter von schmalen, hinfälligen, pfriemlichen Nebenblättchen begleitet, an der Spitze der Triebe oft büschelig gehäuft, sehr kurzgestielt (bis 1 cm), durch die ungleich zweilappige (herzförmige), wellig gekrauste Basis und die mehr oder weniger unsymmetrische Form in erster Linie charakterisiert, im übrigen sehr variabel, im allgemeinen verkehrt-eiförmig, 7—12 cm lang, beiderseits mit 4—5 abgerundeten, vorwiegend ganzrandigen Lappen, oberseits matt dunkelgrün, unterseits matt hellgrün mit 5—9 vortretenden, blaßgefärbten Seitenrippenpaaren, beiderseits kahl, jung flaumig. Männliche Kätzchen bis 4 cm lang, teils gebüschelt aus den Seitenknospen vorjähriger Triebe, teils einzeln in den unteren Blattachseln diesjähriger Triebe; männliche Blüten (Abb. 62, Fig. 5) mit gelbgrünem, häutigem, in 4—7 bewimperte Zipfel zerschlitztem Perigon und 4—12 gelben Staubfäden. Weibliche Kätzchen aufrecht, mit Stielen von wechselnder Länge in den oberen Blattachseln diesjähriger Triebe, mit 2—5 kleinen, knopfförmigen, bis auf die 3 kurzen abgerundeten, rötlichen Narben in je einer rötlichen Kupula eingeschlossenen, weiblichen Blüten (Abb. 62, Fig. 6, 7). Früchte an einem Stiel (daher der Name Stieleiche) von 1—16 (meist 3—8) cm Länge, meist 1—3, oft 2 gegenständig, selten mehr (bis 5). Eicheln groß, meist länglich eiförmig, anfangs grün, reif, mit Ausnahme des bereiften Scheitels, glänzend und glatt, hell-



braun bis scherbengelb, mit weißlicher Grundfläche und grünlich braunen Längsstreifen, die beim Trockenwerden verschwinden, aber nach dem Anfeuchten meist wieder hervortreten. Samenschale derb lederig, Kotyledonen groß, stärkereich. Kupula napfförmig, mit glattem Rand und sehr zahlreichen, dicht dachziegelig angedrückten, graubräunlichen, filzigen, dickspitzigen Schuppen. Ein Hektoliter wiegt 65—75 (90) Kilo und 1 Kilo enthält 177—325, im Mittel 250 bis 300 Eicheln. Die Mannbarkeit tritt bei Stocklohden frühzeitig, oft schon um das 20. Jahr, bei Samenpflanzen im Freistande nicht leicht vor dem 40., meist erst mit dem 50.—60., im Schlusse kaum vor dem 80. Jahre ein. Reichliche Samenjahre alle 3—7 Jahre. Blütezeit im Süden Mitte April bis Mitte Mai, im Norden Mitte Mai bis Anfang Juni. Erst Mitte oder Ende Juli tritt die Eichel aus dem Näpfchen heraus, ist Ende September oder Anfang Oktober reif und fällt dann bald aus dem Näpfchen aus. Die Keimfähigkeit frischer Eicheln beträgt 60—70%, die Keimdauer nur ½ Jahr. Die Keimung erfolgt bei Frühjahrssaat nach 4—6 Wochen und beginnt mit der Ausbildung einer kräftigen, rübenförmigen Pfahlwurzel, die im 1. Jahre oft 20—30 cm lang wird, während der oberirdische Trieb, anfangs mit sehr unvollkommenen Blättern besetzt, im 1. Jahr gewöhnlich nur 8—10 cm, und nur unter besonders günstigen Verhältnissen das doppelte und selbst dreifache dieser Länge erreicht. Im 2. Jahre entstehen in der Regel erst die typisch geformten Blätter und die Pflanze verzweigt sich stark und wird buschig. Höhenwuchs in der Jugend rasch, im Schlusse lang anhaltend, im Durchschnitt ⅓—½ m, im allgemeinen mit 120—200 Jahren beendet. Die Eiche bildet so bei einer 5 Jahrhunderte und mehr umfassenden Lebensdauer 30—35, ausnahmsweise auch 40 m lange und 2 m und darüber starke Stämme. Im Freistand entstehen kürzere, aber um so dickere Schäfte mit mächtig entwickelter, schon wenige Meter über dem Boden ansetzender Krone. Das Dickenwachstum hält an, so lange der Baum lebt; die Lebensdauer kann in einzelnen Fällen vielleicht bis 2000 Jahre betragen (Chêne de Montravail, bei Saintes im französischen Departement Charente inférieure, in Mannshöhe mit 6—7 m Durchmesser, bei einer Höhe von 20 m); 500 jährige Stieleichen sind in Deutschland keine Seltenheit, dagegen scheint hier keine 1000 jährige mehr zu existieren, wenngleich das Alter vieler Eichen eine lokalpatriotische Abrundung auf diese Zahl zu erfahren pflegt. Die Verzweigung ist durch die starken, knickigen und knorrigen, weit ausgreifenden, locker gestellten Aeste sehr charakteristisch und unregelmäßig. Im vorgerückten Alter entwickelt die Krone zahlreiche Kurztriebe. Im Herbste springen nicht selten ein- bis mehrjährige Triebe mit voller grüner Belaubung ab („Absprünge"). Das Ausschlagvermögen aus schlafenden Augen ist ungewöhnlich groß und anhaltend. Das Mark der Zweige bildet im Querschnitt stets einen fünfstrahligen Stern.

Die außerordentlich sturmfeste Bewurzelung besteht in lockerem Boden bis zum 6. oder 8. Jahre fast nur aus einer mächtigen Pfahlwurzel, die bis über 2 m in die Tiefe dringt und nur wenige dünne Seitenwurzeln entwickelt. Später, etwa vom 30. Jahre ab, überwiegen die teils weit streichenden, teils schief in die Tiefe dringenden starken Seitenwurzeln, deren weitere Entwicklung den oft gewaltigen „Wurzelanlauf" alter Eichen bildet. In flachgründigem Boden oder bei hochstehendem, stagnierendem Grundwasser verkümmert die Pfahlwurzel bald.

Die Rinde, an jungen Zweigen grün bis rotbraun, bildet an jüngeren Stämmen und Aesten ein von zahlreichen, braunen Lentizellen durchsetztes, grünlich- bis weißlichgraues, perlmutterglänzendes Periderm (Spiegelrinde), reißt zwischen dem 12. und 25. Jahre, auf schlechtem Standort auch früher, unregelmäßig längsrissig

auf und bildet eine besonders im Freistand tiefrissige, graubraune, bleibende Borke. Die Rinde kann bei alten Bäumen bis 10 cm Dicke erreichen und ist außerordentlich reich an dickwandigen Bastfasersträngen und besonders an sehr großzelligen Steinzellnestern. Je gerbstoffreicher die Rinde, desto später pflegt sie aufzureißen.

Das ringporige Holz hat einen schmalen, gelblichweißen Splint und einen meist gelblichbraunen Kern; als Nutzholz ersten Ranges vereinigt es so viele treffliche Eigenschaften, wie kein anderes einheimisches Holz, ist außerordentlich dicht und schwer (0,54—1,05), bei einer Jahrringbreite bis zu 6 oder 7 mm, um so dichter, je breiter die Jahresringe (wie die ringporigen Hölzer überhaupt), außerordentlich fest und von allergrößter Dauer, unter Wasser unzerstörbar, hart, grobfaserig, elastisch, gut spaltbar, in mittlerem Grade zähbiegsam und von guter, aber etwas geringerer Brennkraft als das Buchenholz. Anatomisch zeichnet sich das Holz durch sehr reichliche Entwicklung sehr dickwandiger Holzfasern mit spärlichen, kleinbehöften Spalttüpfeln, besonders im Spätholz der Jahresringe aus, während das Frühholz auffallend weite, schon mit bloßem Auge erkennbare Gefäße besitzt. Von dem Porenkreis des Frühholzes verlaufen radial nach außen im Jahrring zwischen den Holzfasersträngen feine, vielfach gegabelte Züge von engen Gefäßen, Tracheiden und Parenchym. Außerdem treten bei breiten Ringen noch zahlreiche, feine, konzentrische Wellenlinien von Holzparenchym hervor. Einzelne Markstrahlen sind sehr breit und zuweilen einige Zentimeter hoch, auf der radialen Spaltfläche auffallend glänzende Spiegel bildend, während die überwiegende Mehrzahl der Markstrahlen sehr fein und mit bloßem Auge nicht erkennbar ist. — Von dem ähnlichen Holz der Edelkastanie unterscheidet sich das Eichenholz sofort durch die dort fehlenden breiten Markstrahlen.

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Stieleiche umfaßt fast ganz Europa bis zum 63° in Norwegen, weiter östlich nur bis 57 ½°, ferner die Kaukasusländer und Kleinasien. Das Maximum ihrer Verbreitung erreicht sie in den unteren Donauländern (südliches Ungarn, Slavonien, Kroatien und Siebenbürgen), in Deutschland, wo sie ihre besten früheren Standorte der Landwirtschaft überlassen mußte, besonders im Südwesten und in der Provinz Preußen. Als Waldbaum der Ebenen, der Flußtäler und des Hügellandes steigt sie im Süden und Südwesten nirgends so hoch wie die Buche: in Albanien bis 1500 m, in den Pyrenäen bis 1400 m, in Tirol bis 1000 m, in den Zentralalpen bis 900 m, in den nördlichen Kalkalpen bis 800 m, im Schwarzwald bis 600 m, im mitteldeutschen Bergland bis 500 und 450 m.

Die Standortsansprüche der Stieleiche sind verhältnismäßig hohe. Sie verlangt zu gutem Gedeihen ähnlich wie die Buche einen mineralkräftigen Boden von, namentlich in höheren Lagen, größerem Humusgehalt, reichlicher Frische und verhältnismäßig beträchtlicher Tiefgründigkeit, wie ihn besonders Flußniederungen, Aueböden und dgl. bieten. Bei genügend zerklüftetem Untergrund gedeiht sie auch auf flachgründigem Boden. Bei Niederwaldbetrieb begnügt sie sich mit erheblich geringeren Böden. An die Luftfeuchtigkeit stellt sie keine großen und keine bestimmten Anforderungen, dagegen bedarf sie viel Luftwärme. Als ausgesprochene Lichtholzart verlangt sie von Jugend an vollen Lichtgenuß, reinigt sich im Schlusse früh von den unteren Aesten, besitzt geringe Fähigkeit, vollen Bestandesschluß auf die Dauer herzustellen und bildet Bestände von viel räumlicherer Stellung als die Buche. Je geringer der Standort, desto stärker das Lichtbedürfnis und umgekehrt. Die Rückwirkung auf den Standort ist im allgemeinen eine un-

günstige. Gegen Spätfröste ist die Stieleiche sehr empfindlich, und zwar mehr als die Traubeneiche.

Die Variationsfähigkeit ist bei der Stieleiche bezüglich der Form und Größe der Blätter und der Gestaltung der Früchte so groß wie bei keinem anderen europäischen Laubholz. Die Blätter variieren außerordentlich nach Größe — am größten (bis 30 cm), wie bei den meisten Laubhölzern, sind die Blätter bei jungen Stockausschlägen — nach Zerteilung, von ganz seicht gelappten oder ausgeschweift buchtigen bis zu fast fiederschnittigen, mit ganzrandigen, abgerundeten bis zu wellig gezähnten und fiederspaltigen und spitzzipfligen Lappen. Selbst am gleichen Baum variiert die Blattgestalt nach Stellung in der Krone und nach Jahrgang. Magerer Boden bedingt kleine, tiefer geteilte, feuchter und fruchtbarer große und wenig gelappte Blätter. Das Näpfchen (die Kupula) kann flach, fast tellerförmig, halbkugelig, halbeiförmig oder kreiselförmig sein, und die Eichel entweder nur im unteren Viertel oder weiter, bis über die Hälfte, umhüllen. Die Eichel selbst kann 1 ½ bis 5 cm lang, 1 bis über 2 cm dick, eiförmig, walzig, spindelförmig oder kugelig sein.

Als konstante, wild in Mitteleuropa gefundene Varietäten der Stieleiche sind nach Willkomm anzusehen:

a) fastigiáta De Candolle (= pyramidalis Hortorum). Pyramideneiche, mit aufrechten Aesten und schmal kegelförmiger, pyramiden-pappelähnlicher Krone. Wild ein Baum in Hessen bei Babenhausen, außerdem mehrfach in Frankreich und Spanien gefunden;

b) opáca Schur. Blätter dunkelgrün, glanzlos mit purpurroten Blattnerven, in Wäldern um Hermannstadt in Siebenbürgen;

c) pilósa Schur. Blätter auch im Alter unterseits spärlich weißhaarig, blütentragender Stiel dicht behaart, zerstreut in Siebenbürgen;

d) purpuráscens De Candolle (= purpurea Hortorum). Purpureiche, Bluteiche. Blätter dunkel purpurrot. Ein Baum im Lauchaer Holz des Herzogtums Gotha;

e) viminális Schur (= pendula Hortorum). Hängeeiche mit langen, dünn herabhängenden Aesten, bei Hermannstadt;

f) apennína De Candolle. Junge Zweige grauweiß-filzig. Blätter unterseits lange blaß-filzig, erst zuletzt kahl. Auf trockenem Boden im Kastellwald bei Kolmar, in den Apenninen, Süd- und Mittelfrankreich.

§ 64. 2.* Quércus sessiliflóra Salisb. Die Traubeneiche, Steineiche, Wintereiche ist der vorstehenden sehr ähnlich und wird im praktischen Leben vielfach mit ihr verwechselt. (Linné faßte die beiden Eichen unter dem Namen Q. robur zusammen und bezeichnete die Stieleiche als Q. r. $\alpha$, die Steineiche als Q. r. $\beta$). An Variationsfähigkeit der Blätter und Früchte steht sie der Stieleiche kaum nach, doch ist sie von ihr typisch durch die länger gestielten (1—4 cm), ebenen, oberseits glänzend dunkelgrünen Blätter mit keilförmiger Basis und die sitzenden (sehr kurzgestielten) weiblichen Blütenstände, bzw. die einzeln oder zu 3 (bis 7), wie die Beeren einer Weintraube zu Knäueln zusammengedrängten, in den Blattachseln sitzenden Früchte verschieden. Im übrigen sind die Blätter gegen das Ende der Triebe weniger gedrängt und infolgedessen die Belaubung gleichmäßiger. Die Lappen der Blätter sind durchschnittlich zahlreicher (5—7), einander mehr genähert und regelmäßiger. In der Jugend unterseits reichlich behaart, sind die ausgewachsenen Blätter nur noch unterseits auf den stärkeren Nerven

meist noch etwas behaart. Die Eicheln, im allgemeinen etwas kleiner, lassen auch im frischen Zustande keine dunkeln Längsstreifen erkennen. Blütezeit und Laubausbruch fallen 10—14 Tage später als bei der Stieleiche. Der Wuchs der Krone ist regelmäßiger, der Stamm geradwüchsiger, in der Krone meist nicht in gleichwertige Aeste aufgelöst, sondern annähernd bis zum Gipfel aushaltend. Der Höhenwuchs, der energischer und länger ausdauernd ist als bei der Stieleiche, pflegt mit 120—200 Jahren abgeschlossen zu sein, das Maximalalter dürfte ca. 600—700 Jahre, vielleicht auch noch mehr betragen, doch erreicht die Traubeneiche nie das Alter und die Stärke der Stieleiche und ihr Stärkezuwachs ist meist auch ein geringerer, immerhin ist Höhen- und Stärkenwuchs etwas größer als bei der Buche. Die Rinde ist (nach Ney) hellgrau, oft gelblich, im Alter dünn und, ähnlich der Apfelbaumrinde, schuppig mit flachen Rissen. Das Holz ist dem der Stieleiche sehr ähnlich, etwas weniger hart und etwas weniger dauerhaft unter ungünstigen Verhältnissen, etwas leichter zu bearbeiten, auch meist etwas engringiger gebaut. Der natürliche Verbreitungsbezirk reicht etwas weniger weit nach Norden und Osten, in Tiefländern fehlt die Traubeneiche spontan, steigt als Baum des Hügel- und Berglandes, gleichfalls Sommerhänge bevorzugend, im Gebirge im allgemeinen erheblich höher als die Stieleiche, aber nicht so hoch als die Buche. In den bayrischen Kalkalpen scheint sie gänzlich zu fehlen, im bayrischen Wald (ca. 700 m) und in der Schweiz bleibt sie etwas hinter der Stieleiche zurück. Das Maximum ihres Vorkommens in Mitteleuropa liegt im Südosten, wo sie im Bergland von Kärnthen, Ungarn, Siebenbürgen, Kroatien, teils für sich allein, teils mit Stiel- und Zerreiche große, herrliche Wälder bildet. In Deutschland finden sich bedeutende Traubeneichenbestände namentlich in Mittelfranken (Spessart), in Baden und Elsaß-Lothringen. Die Standorts- und Klimaansprüche sind etwas bescheidener als die der Stieleiche und ähnlich wie diejenigen der Rotbuche, doch nimmt sie weniger Kali und Phosphorsäure als diese aus dem Boden; sie gedeiht noch auf geringeren und verhältnismäßig flachgründigen Böden, kann mit erheblich geringerer Bodenfrische auskommen, meidet aber nasse Auenböden und dgl., auf denen die Stieleiche freudig gedeiht. Ihre dichtere und regelmäßigere Belaubung, die auch den Boden etwas besser schützt, der länger andauernde Bestandesschluß und die geringere Neigung ihrer Krone zu seitlicher Ausbreitung, ihre Fähigkeit, in der Jugend Seiten- und Schirmdruck etwas besser zu ertragen, deuten ein etwas geringeres Lichtbedürfnis als dasjenige der Stieleiche an.

Von den zahlreichen Formen der Traubeneiche ist die mispelblätterige Traubeneiche (Q. mespilifólia Wallroth), die im Harz, in Thüringen, in Skandinavien und wohl auch anderwärts mit schmalen, vorwiegend ungeteilten, langgestielten Blättern und rötlichen Zweigen, Knospen und Blattstielen vorkommt, die bemerkenswerteste.

Zwischen der typischen Stieleiche und der Traubeneiche, die auch bezüglich der Gestalt der Blattbasis und der Blattstiellänge variieren, kommen zweifellose Uebergangsstufen vor, die man vielfach als Bastarde beider betrachtet.

§ 65. Quércus pubéscens Willdenow, die flaumhaarige Eiche, in ganz Südeuropa und im Orient heimisch, im dalmatischen Küstenlande wie in Istrien die häufigste sommergrüne Eiche, in Südungarn, Slavonien und Kroatien teils in reinem Bestand, teils mit andern Holzarten gemischt, erheblichen Anteil an der Waldbildung nehmend, in der Südschweiz vom Jura bis zum Tessin und auch in Graubünden verbreitet, reicht, ohne forstliche Bedeutung, nördlich bis

Böhmen und den Oberrhein. — Die langgestielten, meist tief geteilten, sehr vielgestaltigen Blätter sind unterseits bleibend weichhaarig, oberseits anfangs grauflaumig, ausgewachsen nahezu kahl und glänzend dunkelgrün. Nach Stamm- und Kronenbildung gleicht sie vielfach der Traubeneiche, bleibt aber kleiner (bis 20 m), oft ein niedriger, knorriger Großstrauch. Ihr Holz ist durch sehr dicht stehende, auffällige, breite Markstrahlen ausgezeichnet. Mit der Traubeneiche ist die sehr variable Art durch eine Anzahl Uebergangsformen oder Bastarde verbunden.

4. Quércus hungárica Hubeny (bei Ascherson und Gräbner Q. conférta Kit.) die ungarische Eiche, Zigeunereiche, ist ein Baum Südosteuropas, erreicht im südlichen Ungarn, im südlichen Bosnien und Dalmatien ihre Nordgrenze. Blätter kurzgestielt, groß (bis 20 cm), oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits weichfilzig, ebenfalls vielgestaltig, mit herzförmiger Basis, sehr verschieden tiefgelappt, in jeder Hälfte mit 7—11 parallelrandigen, in der Regel abgerundeten, ungeteilten oder selbst wieder gelappten Lappen, die mit den Rändern nicht selten stellenweise übereinandergreifen. Eicheln denen der Traubeneiche ähnlich, aber das Näpfchen mit filzig behaarten, stumpf pfriemlichen, den Rand überragenden Schuppen. Das harte, sehr dichte, schwerspaltige Holz übertrifft nach Hempel und Wilhelm an Dauerhaftigkeit sogar das Stieleichenholz. Sie erreicht mit 100 Jahren eine durchschnittliche Höhe von 22—23 m.

5. Quércus Cérris Linné, die Zerreiche, eine Holzart Südeuropas, findet ihre stattlichste Entwicklung im Bergland der ungarischen Krone, meist in Gesellschaft der Traubeneiche, der weichhaarigen und ungarischen Eiche, seltener in reinen Beständen. Nördlich geht sie bis Mähren, in der Schweiz kommt sie nur auf dem Generoso vor, aber am Nordrande des Jura, im Département Doubs bildet sie noch einmal reine Bestände von großer Ausdehnung. Sie ist von allen sommergrünen Eichen durch die langen, lineal-fädlichen, bleibenden Nebenblätter, welche über den kleinen Knospen schopfartig zusammenschließen, sofort zu unterscheiden. Blätter sehr verschieden gestaltet, meist spitzlappig, oberseits dunkelgrün, rauh, fettglänzend, unterseits graugrün, mehr oder weniger filzig. Eicheln mit zweijähriger Fruchtreife, im ersten Jahre ganz klein, ausgewachsen bis 4 cm lang und 2 cm breit, sehr fein längs gestreift, Näpfchen durch die langen, abstehenden, meist zurückgekrümmten, linealpfriemlichen, steifen, braunfilzigen Niederblätter sehr auffällig. Holz rötlich mit sehr zahlreichen, breiten Markstrahlen, die aber viel schmäler als bei pubescens sind, von sehr geringer Dauer, aber vorzüglicher, dem Buchenholz kaum nachstehender Brennkraft. Höhenwuchs bis zum 100. Jahre die Stiel- und Traubeneiche übertreffend, dann rasch erlahmend. Lebensdauer in der Regel nicht über 200 Jahre.

§ 66. Von den amerikanischen Schwarzeichen, wegen der herbstlichen Rotfärbuug ihres Laubes auch Scharlacheichen genannt, ist nur Q. rubra zu forstlichen Anbauversuchen im großen Maßstabe herangezogen worden, während die beiden andern hier aufgeführten, von kleinen Anbauversuchen abgesehen, höchst dekorative Parkbäume sind. Diese Eichen zeichnen sich durch die stets in eine spitze Endborste auslaufenden Blattabschnitte aus und besitzen dunkle Borke, 2jährige Samenreife und große Eicheln mit dicker, innen filziger Schale und drei falschen Scheidewänden.

10.* Quércus rúbra Linné, die Roteiche, durch das ganze Laubholzgebiet des atlantischen Nordamerika verbreitet. In Europa wurde sie schon 1740 eingeführt und hat wie keine andere, versuchsweise angebaute Holzart den Beweis für ihr Gedeihen und gutes waldbauliches Verhalten geliefert. Die Blätter sind nur bis zur Hälfte etwa, bei Schattenblättern oft nur bis ¼ eingeschnitten, beiderseits mit 4—6 (meist 5) breiten, fast parallelrandigen, grobgezähnten, spitzen Lappen, 8—12 (20) cm lang. Die Eicheln, bis 2½ cm lang, sind von gedrungener Gestalt, mit bespitztem Scheitel, abgeflachter Grundfläche und schüsselförmigem Näpfchen. 1 Hektoliter Eicheln wiegt durchschnittlich 60 Kilo, 1 Kilo enthält ca. 250 Stück. Das Holz vom Trockengewicht 0,74, mit schmalem Splint, und rötlichbraunem Kern, steht dem Stiel- und Traubeneichenholz an Festigkeit und sehr an Dauerhaftigkeit nach, ist aber elastisch, leichtspaltig und ziemlich hart; die Rinde bleibt bis zum 40. Jahre glatt, ist sehr gerbstoffreich, aber dünn. Als entschiedene Lichtholzart verträgt die Roteiche wohl Beschattung von der Seite, aber keine Ueberschirmung und ist in der Jugend außerordentlich raschwüchsig (als Jährling 0,5 m, mit 10 6 m und mehr, mit 20 10—12 m, mit 50 15—23 m, worauf der Höhenwuchs rasch nachläßt (Maximum 30 m). Die Pfahlwurzel der Jährlinge wird bis 40 cm lang, die weitere Entwicklung des Wurzelsystems gleicht der unserer Eichen. So leicht die Roteiche in der ersten Jugend, als 1—2-jährige Pflanze, anwächst, so unangenehm empfindet sie die durch das Verpflanzen bedingten Eingriffe, sobald sie einigermaßen erstarkt ist. Hinsichtlich der Standortsansprüche etwas genügsamer als Stiel- und Traubeneiche, braucht sie zu freudigem Gedeihen doch einen frischen, humosen, tiefgründigen, lehmigen Boden, während ihr strenge, nasse Böden, wie trockene Kalkböden, nicht zusagen. Gegen Winterkälte ebenso unempfindlich wie unsere Eichen, ist sie wegen des frühzeitigen Austreibens und der langen Dauer der Vegetation der Spät- und Frühfrostgefahr mehr ausgesetzt, auch bleibt sie nach Schwappach (D. Dendr. Ges. 1907 S. 134) auf bestem Eichenboden in der Wuchsleistung erheblich hinter unseren Eichen zurück.

11. Quércus coccínea Münchh., die Scharlacheiche, ist leicht durch die tief (über ²/₃) gebuchteten Blätter zu unterscheiden, die 9—18 cm lang werden, beiderseits 3 (—4), meist wieder buchtig begrannte Lappen tragen und deren Buchten breiter als die Lappen sind.

12. Quércus palústris Münchh. Sumpfeiche. Von allen Verwandten ist sie durch den ausgesprochen geraden Schaft unterschieden, der sich wie bei einem Nadelholz bis in die Spitze verfolgen läßt, 30 m Höhe und mehr erreichend. Die Blätter, 8—10 (bis 17) cm lang, sind die kleinsten von allen Roteichen, der vorstehenden in der Gestalt sehr ähnlich, doch stehen die 2 (bis 4) gegenseitigen Lappen öfters als bei coccínea auf ungleicher Höhe.

§ 67. 1.* Castánea satíva Miller. (Syn. vulgáris Lamarck, vésca Gärtner), die Edelkastanie, franz. Châtaignier. Knospen klein, spitzeiförmig, mit nur 2 (bis 3) Schuppen, abstehend; keine Endknospe, die oberste Seitenknospe bildet den nächsten Jahrestrieb. Blätter kurz gestielt, eilanzettlich, derb, spitz, 9—18 cm lang, am Rande grob gezähnt mit oft sichelförmig einwärts gebogenen, spitzen Zähnen und mit je 15—20 Seitennerven 1. Ordnung. Blütenkätzchen 12—20 cm lang, straff aufrecht, einzeln in den Blattachseln, meist rein männlich, d. h. mit 7blütigen, dichasialen Knäueln (Abb. 62 Fig. 9) gelblich-weißer, männlicher

Blüten (Abb. 62 Fig. 10) dicht besetzt; nur die aus den obersten Blattachseln der Jahrestriebe entspringenden Kätzchen tragen an ihrem unteren Ende auch einige meist 3blütige, weibliche Blütenknäuel (Abb. 62 Fig. 11, 12), die von einer vielschuppigen Kupula bis auf die vorstehenden Perigonzipfel und Narbenarme (meist je 6 von jeder Blüte) völlig umschlossen sind. Zur Reifezeit springt die kugelige, bis faustgroße Kupula, starrend von grünlichen, sparrig abstehenden, meist verzweigten, langen und dünnen Stacheln vierklappig auf und entläßt die von den vertrockneten Perigonzipfeln und Narben gekrönten einsamigen Trockenfrüchte mit glänzend brauner, lederiger Fruchtwand, die „Kastanien", die 2—3 cm lang und meist etwas breiter wie lang sind. 1 Hektoliter Kastanien wiegt 56—70 Kilo, 1 Kilo enthält 180—300 Früchte. Die Mannbarkeit tritt bei freiem Stand um das 20.—30. Jahr, im Schlusse ums 40.—60. Jahr, bei Stocklohden oft schon mit dem 6. Jahre ein. Sie trägt unter besonders günstigen Umständen fast alljährlich reichlich Früchte; meist ist jedes 2.—3. Jahr ein reichliches Samenjahr. Laubausbruch im Mai. Blütezeit später, im Süden Ende Mai bis Anfang Juni, im Norden des Kastaniengebiets oder in höherer Gebirgslage bis Mitte Juli; Fruchtreife im Oktober, Keimfähigkeit 55—60%, Dauer der Keimkraft ½ Jahr. Keimung 4—6 Wochen nach Frühjahrsaussaat mit unterirdisch bleibenden Kotyledonen. Das Wachstum ist bis zum 8. oder 10. Jahre ein kümmerliches, dann ein sehr freudiges, so daß sie binnen 50 Jahren noch im nördlichen Mitteldeutschland 16 m Höhe bei ½ m Stärke erreicht. Gewöhnlich ist der Höhenwuchs mit 40 oder 50 Jahren erschöpft, während das Dickenwachstum ungemein lange andauert und der Baum unter günstigen Verhältnissen ein ungeheures, weit über 1000 Jahre betragendes Alter und ungeheure Dimensionen erreichen kann (bis 26 m Umfang am Aetna bei zweifellosen Einzelbäumen). Der freistehende Baum löst sich schon bald über dem Boden in eine viel- und starkästige, der Stieleiche ähnliche Krone auf, deren Belaubung aber gleichmäßiger, dichter und schattender ist, während im Bestandesschluß viel schlankere und höhere Bäume erwachsen, die 20—25 m an Höhe erreichen können. Die Bewurzelung ist ähnlich wie bei der Eiche. Das Ausschlagvermögen der Stöcke ist außerordentlich groß und über ein Jahrhundert andauernd; aus dem Wurzelanlauf entwickelt sich nicht selten kräftige Wurzelbrut. Die in großer Zahl gebildeten Stocklohden sind ungemein raschwüchsig und erreichen mit 15 Jahren 5—9 m, mit 20—25 Jahren 10—12 m Länge. Die Rinde 1jähriger Zweige ist glänzend rotbraun mit weißlichen Lentizellen, an mehrjährigen olivenbraun, durch Flechtenentwicklung weißfleckig werdend, zwischen dem 15. und 20. Jahre tritt Borkebildung ein. Die Borke ist graubraun, netzförmig längsrissig. Der ringporige Holzkörper bildet, da der Splint nur wenige Jahresringe umfaßt, frühzeitig einen dunkelbraunen Kern. Vom Eichenholz ist das Holz durch das Fehlen der breiten Markstrahlen und weniger dichtstehende, weite Gefäße des Frühholzes, von dem Eschenholz durch die engen Gefäße des Spätholzes verschieden, die in feinen, nach außen sich gabelnden Reihen angeordnet sind. Das Holz ist schwer (0,66) hart, leichtspaltig, zähbiegsam, tragkräftig, gerbstoffreich und von außerordentlicher Dauer. Das Verbreitungsgebiet umfaßt Südeuropa, die Kaukasusländer und Nordafrika. Die Nordgrenze ihres natürlichen Verbreitungsbezirks läuft nach Willkomm längs der Ränder des Jura durch die Schweiz, Südtirol, Kärnten und Steiermark nach Ungarn, wo sie zum Teil große Wälder bildet, ist aber schon seit der Römerzeit erheblich nach Norden erweitert, namentlich am Mittel- und Oberrhein (Elsaß, Rheinpfalz usw.). Als Obstbaum wird sie in ganz Süd-

deutschland in geeigneten Lagen gebaut, als Zierbaum geht sie bis zum südlichen Skandinavien. — Hinsichtlich der Standortsansprüche braucht die Edelkastanie zu freudigem Gedeihen tiefgründige, lockere, mäßig frische Böden; nasse Standorte wie flachgründiger Kalkboden sagen ihr nicht zu. Zum Reifen ihrer Früchte verlangt sie als treue Begleiterin der Weinrebe ein mildes, warmes Klima und eine vor Früh- und Spätfrösten geschützte Lage. Ihr Lichtbedürfnis ist bescheiden; sie nähert sich hierin der Buche und verträgt den Seiten- und Schirmdruck von Kiefernstangenhölzern.

§ 68. Birkenartige Laubhölzer (Familie Betulaceae). Von den Fagaceen durch das Fehlen der Kupula und den zweifächerigen Fruchtknoten unterschieden. Blüten meist in Dichasien, diese zu Kätzchen angeordnet.

### 1. Tribus Coryleae.

Männliche Blüten einzeln dem Deckblatt aufgewachsen, ohne Perigon, weibliche Blüten in zweiblütigen Dichasien (die Mittelblüte fehlt!), mit Perigon, ihre Vorblätter samt dem Deckblatt wachsen der Frucht als Hülle an.

1.* Carpínus Bétulus Linné. Weißbuche, Hainbuche (franz. Charme). Knospen länglich eiförmig, über der kleinen, drei Gefäßbündelspuren enthaltenden Blattnarbe, dem Zweige angedrückt, mit vielen Knospenschuppen; an kräftigen Trieben oft noch unterständige Beiknospen; an den Grenzen der Jahrestriebe, über den Narben der Knospenschuppen winzige Kleinknospen. Blätter streng zweizeilig, kurz gestielt, eiförmig bis eilanzettlich, zugespitzt, 5—8 cm lang, 3—4 cm breit, am Rande scharf doppelt gesägt, kahl, anfangs zwischen den 10—15 Seitennervenpaaren gefaltet. Männliche Kätzchen (Abb. 70 Fig. 1) rötlich-bleichgrün, meist sehr zahlreich, 3—5 cm lang, aus größeren, abstehenden Knospen vorjähriger Triebe entspringend, schlaff hängend; männliche Blüten (Abb. 70 Fig. 6) mit 7—11 tief gespaltenen Staubblättern (Abb. 70 Fig. 4). Weibliche Kätzchen (Abb. 70 Fig. 1 oben) lockere Aehren an den Enden diesjähriger Kurztriebe bildend; weibliche Blüten (Fig. 8) paarweise in den Achseln der rel. großen Deckblätter, jede in einer dreizipfeligen, zottig behaarten Hülle, aus der nur die beiden roten Narben hervorsehen. Fruchtstände ansehnlich, hängend, mit 3—4 cm großen, dreilappigen, gelbbraunen Hüllen (Fig. 7) am Grunde der 5—9 mm langen, bräunlichen, von dem vertrockneten Perigon gekrönten Nüßchen. Ein Hektoliter Nüßchen wiegt 42—50 Kilo; ein Kilo enthält 24 000—32 000 Nüßchen. — Mannbarkeit zeitig, selbst im Schlusse schon ums 20. Jahr, im Freistand und bei Stocklohden noch früher. Blütezeit nach dem Laubausbruch, im Süden Ende April, im Norden im Mai (Anfang Juni). Fruchtbarkeit sehr groß, oft 2—3 Jahre nacheinander volle Samenjahre. Samenreife im Oktober, Abfall der Früchte bald nach dem Laubfall, mitunter erst im nächsten Frühjahr. Keimfähigkeit 60—70%. Im Herbste ausgefallene Früchte keimen zum Teil im nächsten Frühjahr, bei Frühlingsaussaat liegen sie bis zum nächsten Jahre über. Keimung mit oberirdischen, verkehrt eiförmigen Kotyledonen mit pfeilförmiger Basis; folgende Blätter typisch. Wuchs anfangs sehr langsam, vom 5. oder 6. Jahre zunehmend und dann kurze Zeit rascher als bei der Rotbuche (mit 15 Jahren bis 6 m, nach 3—4 Jahrzehnten rasch sinkend, vom 50. bis 60. nur noch äußerst gering, mit 80—90 (ausnahmsweise 120) Jahren abgeschlos-

sen. Im allgemeinen erreicht die Weißbuche nicht über 20 m Höhe und ca. ½ m Durchmesser; meist wird sie mit 100—120 Jahren wipfeldürr und kernfaul, selten erreicht sie 150 Jahre und mehr und eine Stärke bis über 1 m. Das Ausschlagvermögen ist ungemein groß und andauernd. Der Stamm ist auffallend spannrückig, d. h. im Querschnitt nicht rund, sondern aus- und einspringend, oft wie aus schwächeren Stämmen verwachsen, mit unregelmäßiger, besenförmiger, breiter Krone. Die Bewurzelung ist nach Bodenbeschaffenheit verschieden; in lockerem Boden eine mächtige, rübenförmige Pfahlwurzel, gewöhnlich aber, namentlich auf flacherem oder stark tonhaltigem Boden kräftige, weitstreichende Seitenwurzeln und Herzwurzeln und ein knolliger Wurzelstock. Das gelblichweiße, harte, schwere, schwerspaltige und sehr brennkräftige, zerstreutporige Holz zeigt zwischen den breiten Markstrahlen ausgebauchte,

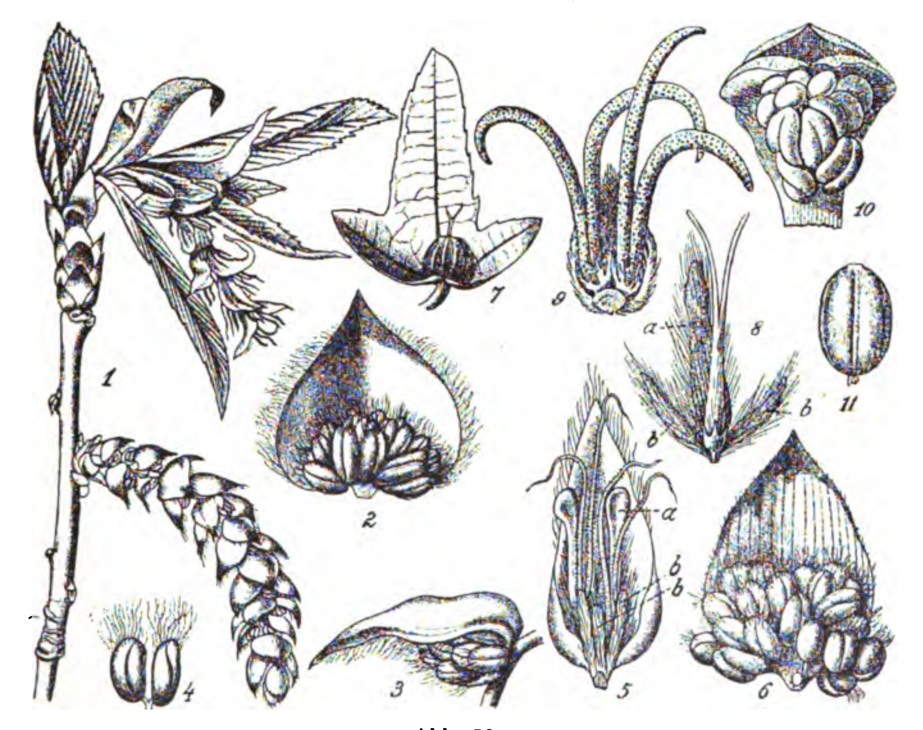



Abb. 70.
Blüten und Früchte der Coryleae.
1.—5. Carpinus rubra: 1. Zweig mit endständigem, weiblichem und seitenständigen, männlichen Blütenkätzchen, 2. männliche Blüte mit Deckblatt, von vorn, 3. desgl., von der Seite, 4. Staubblatt mit tief gespaltenem Staubfaden, 5. weibliche Teilinfloreszenz (zweiblütiges Dichasium) mit Deckblatt: a Deckblatt, bb Vorblätter der Einzelblüten. — 6.— 8. Carpinus Betulus: 6. männliche Blüte mit Deckblatt, 7. Frucht mit 3teiliger Hülle, aus a und bb verwachsen, 8. weibliche Blüte mit Deck- (a) und Vorblättern (bb). — 9. weiblicher Blütenstand (zweiblütiges Dichasium) mit Deckblatt von Corylus Avellana. — 10. männliche Blüte mit Deckblatt, 11. Staubblatt von Corylus Colurna. Mit Ausnahme von 1 und 7 alles vergr. — (Aus v. Wettstein, Syst. Bot.)

undeutliche Jahrringgrenzen. Die breiten Markstrahlen sind wie bei Erle und Hasel falsche Markstrahlen, durch Mangel an Glanz und scharfer Begrenzung von den breiten Markstrahlen der Rotbuche verschieden, aber wie diese auf dem Radialschnitt Spiegel bildend; anatomisch zeigen sich die falschen Markstrahlen

aus mehreren, einander sehr genäherten, schmalen Markstrahlen, zwischen welchen das Holzgewebe gefäßfrei ist, zusammengesetzt. Rinde 1 jähriger Zweige olivgrün, 2- und 3 jähriger braunrot; ca. vom 6. Jahre an beginnt die Graufärbung. Borkebildung tritt nicht oder in höherem Alter nur sehr unvollkommen, wesentlich durch Längsrisse auf.

Der Verbreitungsbezirk der Weißbuche geht vom südwestlichen Frankreich bis Persien, nördlich bis zum südlichen England und durch Dänemark bis Südschweden, und von da durch das südwestliche Rußland bis zur Krim, südlich bis Morea und ganz Italien. Als Baum der Ebenen und des Hügellandes steigt sie nirgends, auch im Süden nicht, weit im Gebirge empor (Harz bis gegen 400 m, Karpathen ca. 800 m, Alpen ca. 900 m), meist eingesprengt oder in kleinen Beständen, im allgemeinen nur in Südwestdeutschland geschlossene Hochwaldbestände bildend. Ihre Standortsansprüche sind mittlere, denen der Rotbuche ähnlich; sie gedeiht am besten in sandigem, frischem Lehmboden, sonst auf den verschiedensten Bodenarten, wie schwerem Tonboden, Kalkboden, tiefgründigem, feuchtem Sande usw., dagegen nicht auf Torfmoorboden. Die Wärmeansprüche sind mäßige und sie wächst noch in feuchtkalten Lagen, wo die Rotbuche versagt. Ebenso ist ihr Lichtbedarf ein geringer, wie die Trägwüchsigkeit der ersten Jugend, das dichte Laubdach, der bis zu höherem Alter gute Bestandesschluß und ihre Fähigkeit, Schirmdruck zu ertragen, andeuten. Auf schlechtem Standorte nimmt dagegen das Lichtbedürfnis in ziemlich erheblichem Maße zu.

Das Variationsvermögen ist unbedeutend; mehr oder weniger tief eingeschnittene Blätter werden mitunter an dem gleichen Baum gefunden. In der Oberförsterei Gahrenberg in Hessen-Nassau, im F. O. Sonnenborn (D. 50) steht ein Lusus pyramidalis vom Habitus der „Pyramidenpappel", ein natürlicher Sämling vom Jahre 1820, etwa 13 bis 14 m hoch (Abb.: Forstbot. Merkb. f. Hessen-Nassau 1905 S. 145).

2. Carpínus orientális Mill., duinénsis Scopoli, die orientalische Weißbuche. In der adriatischen Zone Oesterreich-Ungarns, in Kroatien, Slavonien, im Banat und in Siebenbürgen als Strauch oder kleiner Baum mehr oder weniger häufig. Von der gemeinen Weißbuche unterscheidet sie sich durch kleinere, nur bis 5 cm lange und halb so breite Blätter, nicht dreilappige, unsymmetrische, spitzeiförmige, am Rande gesägte Fruchthüllen von nur 1½—2 cm Länge und kleinere (bis 5 mm), schon im Sommer reifende Nüßchen.

3. Ostrýa carpinifólia Scop. (vulgáris Willd.), die Hopfenbuche ist ein südeuropäischer, kleiner Baum, nordwärts bis zur südlichen Schweiz, Südtirol und dem südlichen Steiermark verbreitet, mit Vorliebe an felsigen Orten; in Mitteldeutschland häufig als Zierbaum. Blätter denen der Weißbuche ähnlich, aber schlanker zugespitzt und reicher an Seitennerven (13—17 und mehr!). Knospen seitlich abstehend. Männliche Kätzchen am Ende der Langtriebe, geschlossen überwinternd, aufgeblüht 2—3 mal so lang, wie die der Weißbuche. Weibliche Blüten paarweise, jede von einer sackartigen Hülle umgeben, die sich bis zur Fruchtreife im Juli stark vergrößert und dem Fruchtstand eine gewisse Aehnlichkeit mit dem der Hopfenpflanze, der sog. „Hopfendolde", verleiht.

§ 69. 1.* Córylus Avellána Linné. Haselnuß, franz. Coudrier, Noisetier. Knospen eiförmig oder kugelig, mit mehreren Schuppen, über der fünf Gefäßbündelspuren enthaltenden Blattnarbe etwas abstehend. Blätter



kurzgestielt, verkehrt eiförmig, gespitzt, bis 12 cm lang, 8 cm breit, am Rande meist scharf doppelt gesägt, nebst den Blattstielen drüsig behaart. Junge Triebe oft auffallend drüsig rotborstig, ohne echte Gipfelknospe. Männliche Kätzchen schon im Sommer vor der Blütezeit völlig entwickelt und geschlossen überwinternd, meist zu 2—4 an blattlosen, oft Knospen tragenden Kurztrieben am Ende vorjähriger Zweige, aufgeblüht 3—5 cm lang; männliche Blüten (Abb. 70 Fig. 10) sehr dicht, mit je 4 tiefgeteilten Staubblättern. Weibliche Blütenstände (zweiblütige Dichasien) in Knospen eingeschlossen, aus denen zur Blütezeit nur ein Büschel karminroter Narben hervorsteht. Die Vorblätter der weiblichen Blüte bilden an deren Grunde ein kleines, mehrzipfeliges Gebilde, das später der breit eirunden, braunen Haselnuß als die bekannte, grüne, am Rande in kurze, breite Zipfel zerschlitzte Hülle anwächst. Mannbarkeit mit dem 10. Jahre, bei Stock- und Wurzellohden schon mit wenigen Jahren. Blütezeit vor dem Laubausbruch, mitunter schon Anfang Februar. Samenreife im Herbst. Samenjahre sehr häufig (auf 7 Ernten 1—2 Fehljahre). Keimung unterirdisch, bei Frühjahrsaussaat erst im 2. Jahre. 1jährige Pflanze klein, etwa fingerlang, mit typischen Blättern, Wuchs bis zum 6. Jahre gering, dann rasch; Wuchsform meist strauchig (3—5 m), selten kleine Bäumchen (bis 7 m), bei Stocklohden viel rascher, in 20 Jahren bis 6½ m. Nicht selten bilden sich schon vor dem Abtrieb tief unten am Stamm Stocklohden, die zum Teil eine kurze Strecke unter dem Boden hinlaufen, ehe sie sich als „natürliche Absenker" aufrichten und bewurzeln. Lebensdauer als Kulturstamm 60—80 Jahre, im Walde noch kürzer. Ausschlagvermögen unverwüstlich. Bewurzelung bis zum 3. Jahre Pfahlwurzel, dann zahlreiche, flachstreichende Seitenwurzeln, die nach Hartig zuweilen Wurzelbrut entwickeln. Rinde glänzend rötlichgrau mit braunen Lentizellen. Holz zerstreutporig, ziemlich weich, gut spaltbar, von geringer Dauer, rötlich wie bei Fagus, mit kreisrunder Jahrringgrenze; falsche breite Markstrahlen wie bei Carpinus; spärliche Markflecke wie bei den Erlen. Gefäße in Radialreihen, mit leiterförmig durchbrochenen Querwänden. Das Verbreitungsgebiet der Hasel erstreckt sich über ganz Europa mit Ausnahme des äußersten Westens und hohen Nordens, außerdem über Kleinasien und Algerien; sie gedeiht auf den verschiedenartigsten Bodenarten, armen Sand- und Sumpfboden ausgenommen; einige Beschattung ertragend, wächst sie als Lückenbüßer im Niederwald, als Unterholz im Mittelwald, als Bodenschutzholz im Eichenhochwald.

2. Córylus Colúrna Linné, die Baumhasel, vom südlichen Ungarn, wo sie in der Bergregion ganze Waldbestände bildet, durch die Donauländer bis Kleinasien verbreitet, aber auch in nördlichen Gegenden angepflanzt, unterscheidet sich vor allem durch ihre sehr großen, 2—4 cm langen, bis unter die Mitte in viele lange und schmale, vereinzelt grob gezähnte, hin und her gebogene Zipfel zerschlitzten Fruchthüllen, durch über 10 cm lange Kätzchen und allmählich zugespitzte Blätter, deren unterstes Seitennervenpaar nach der Abzweigung vom Mittelnerv auf eine kurze Strecke in der herzförmigen Basis hart am Blattrande verläuft. — Sie bildet bis 12 m hohe und ½ m starke, gerade Stämme mit geschlossener Krone, deren Alter 100 Jahre in der Regel nicht überschreitet.

3. Córylus tubulósa Willdenow (syn. máxima Miller.), Lambertshasel, Lambertsnuß. Wild in Istrien, im Banat und weiter östlich in den Balkanländern, in Süd- und Mitteldeutschland vielfach angebaut.

Ihre Fruchthüllen umschließen die ganze, bis gegen 3 cm große, länglich eiförmige Nuß, sind über dem Scheitel derselben etwas verengt und dann in zwei breite, gewöhnlich zusammenneigende Lappen zerschlitzt. Großstrauch von 7—10 m Höhe.

### 2. Tribus. Betuleae.

§ 70. Männliche Blüten mit Perigon, in dreiblütigen Dichasien (Abb. 71 Fig. 8—10) der Deckschuppe aufgewachsen; weibliche Blüten ohne Perigon, ihre Vorblätter verwachsen mit der Deckschuppe zu einer 3- oder 5 lappigen Schuppe, welche die Früchte nur von außen deckt und nicht mit ihnen verwächst. Zweige ohne Endknospe. Mark stumpf dreieckig.

#### Birke. Betula (franz. Bouleau).

Knospen sitzend, klein, mit wenigen Schuppen, stumpf bie spitzeiförmig. Männliche Kätzchen an der Spitze vorjähriger Triebe geschlossen überwinternd (bei den Strauchbirken aber in Knospen eingeschlossen). Männliche Blüten mit je 2 tief 2 spaltigen Staubblättern, daher auf jeder Deckschuppe scheinbar 12 (Fig. 9). Weibliche Kätzchen während des Winters in Knospen verborgen, im Frühjahr auf der Spitze wenigblättriger, diesjähriger Kurztriebe. Tragblätter der dreiblütigen Dichasien deutlich dreilappig (Fig. 3), häutig bleibend und mit den flachen, zarthäutig geflügelten Nüßchen (Fig. 6) abfallend (Fig. 5).

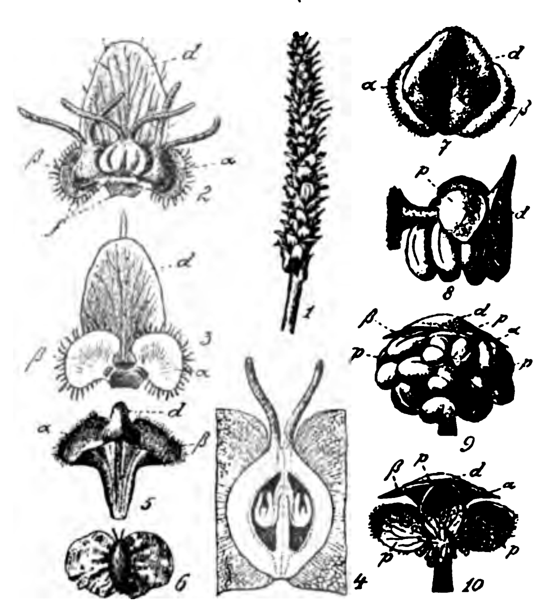


Abb. 71.
Blüten und Früchte von Betula. 1. weiblicher Blütenstand. — 2. weibliche Teilinfloreszenz (dreiblütiges Dichasium) mit Deckblatt d und zwei Vorblättern α, β. — 3. desgl. nach Wegnahme der Blüten. — 4. Längsschnitt durch den Fruchtknoten. — 5. dreiteilige Schuppe aus einem Fruchtstand von B. verrucosa. — 6. Frucht von B. verrucosa. — 7—10. männliche Teilinfloreszenz (dreiblütiges Dichasium) mit Deckschuppe d, Vorblättern α, β und Perigonblättern ppp: 7. von oben, 8. von der Seite, 9. von vorne, 10. nach Wegnahme der Staubblätter. Alles vergr. (nach Hempel und Wilhelm aus v. Wettstein, Syst. Bot.).

1.* Bétula verrucósa Ehrhart. Gemeine Birke, Weißbirke, Rauhbirke, Harzbirke. (Syn. B. alba L. zum Teil, pendula Roth) mit der folgenden Art durch Zwischenformen bzw. Bastarde verbunden. Bei der typischen Form sind junge Triebe und Blätter in der Jugend klebrig. Blätter nebst den Trieben völlig kahl, dünn, rhombisch eiförmig bis dreieckig, lang zugespitzt, am Grunde meist keilförmig oder gerade abgeschnitten, am Rande scharf doppelt gesägt, 3½—7 cm lang, mit 2—3 cm langem, kahlen Stiel. Männliche Kätzchen mit bräunlichen Deckschuppen, ungestielt, zu 2—3, hängend, 4—6 cm lang. Weibliche Kätzchen (Fig. 1) zur Blütezeit schlank, aufrecht, grün, ca. 2 cm lang; Frucht-

zäpfchen braun, langgestielt, dickwalzig, 1½—3 cm lang, meist hängend. Fruchtschuppen mit kleinem, gerundetem Mittellappen und großen, breiten, fast rechtwinkelig abgespreizten Seitenlappen (Fig. 5). Nüßchen ca. 2 mm groß, verkehrt eiförmig, von den 2 borstigen Griffeln gekrönt, mit 2—3 mal so breiten, dünnen Flügelrändern, welche oben meist bis über die Griffel emporragen. 1 Hektoliter Nüßchen wiegt 8—10 Kilo; 1 Kilo enthält 1 600 000 bis 1 900 000 Nüßchen. — Eintritt der Mannbarkeit bei freiem Stand im 10.—15. Jahr, im Schluß im 20.—30. Reiche Samenjahre ca. alle 3 Jahre. Blütezeit einige Tage nach dem Laubausbruch, Ende März bis Mai. Fruchtreife von Juni bis August und bald nachher beginnt das Abfliegen der Nüßchen und Deckschuppen von der Spindel, das sich zum Teil über den Winter hinziehen kann. Keimfähigkeit 15—20%. Dauer der Keimkraft ½—1 Jahr. Die im Juli abfliegenden Nüßchen keimen nach 2—3 Wochen und das junge Keimpflänzchen kann noch im gleichen Jahre seinen ersten Höhentrieb vollenden. Keimung nach Frühjahrssaat, wenn überhaupt noch, nach 4—5 Wochen mit 2 winzigen, eiförmigen Kotyledonen und fast 3 lappigen Erstlingsblättern. Höhenwuchs bis zum 5. oder 6 Jahre gering, ca. 30 cm, dann außerordentlich rasch, bis zum 15. oder 20. Jahre jährlich bis zu $^3/_4$ und selbst 1 m, hierauf abnehmend und mit dem 50.—60. Jahre und einer Maximalhöhe von 25—28 m abgeschlossen, während das Dickenwachstum bis zum ca. 80. Jahre noch nennenswert bleibt (40—60 cm Gesamtdurchmesser). Das Alter der Birke geht im gesunden Zustand selten über 90—100 (120) Jahre hinaus. Die Verzweigung besteht aus schwachen, anfangs besenförmig aufgerichteten, später mit zahlreichen, dünnen Langtrieben überhängenden Aesten. Stämme schlank, im Stangenholzalter glänzend weiß, mit einem aus abwechselnd dünn- und dickwandigen Lagen gebildeten Periderm, das sich in dünnen Blättern abschilfert, in höherem Alter mit einer tiefrissigen, mächtigen, schwärzlichen, an Steinzellnestern reichen, bastfaserfreien Steinborke, die bis zur Basis der ältesten Aeste hinaufreicht. Die Bewurzelung besteht anfänglich aus einer reichverzweigten Pfahlwurzel von der Länge des Stämmchens, vom 6.—8. Jahre an aus einem knolligen Wurzelstock mit je nach Standort mehr flach und nicht sehr weitstreichenden Seitenwurzeln, bzw. einigen schief abwärtsdringenden Herzwurzeln. Am Wurzelstock bilden sich schon in den ersten Jahren eigentümliche Knospen, deren weitere Vermehrung Maserwuchs bedingt und aus welchen der Stockausschlag der Birke vornehmlich hervorgeht. Holz gelblich- oder rötlichweiß, ohne sichtbare Markstrahlen, mittelschwer (0,65) und -hart, sehr schwerspaltig, elastisch, fest und brennkräftig, aber von sehr geringer Dauer. Anatomisch ist es durch Markflecke wie bei den Erlen (besonders im innern Holzkörper) und die zu 2—4 in radialen Gruppen vereinten Gefäße charakterisiert. Das Verbreitungsgebiet reicht über den größten Teil Europas vom nördlichen Spanien, dem Rhodopegebirge der Balkanhalbinsel und von Sizilien bis zum 65° in Schweden. Sie tritt vorwiegend vereinzelt oder horstweise auf, nur in den Ostseeprovinzen und im mittleren Rußland bildet sie teils allein, teils mit Weißerle, Aspe und Kiefer ausgedehnte Bestände. Außerhalb Europas im Kaukasus und im mittleren und nördlichen Asien verbreitet. Im Gebirge steigt sie hoch empor, in Norwegen bis ca. 600 m, im Harz und Erzgebirge und bayrischen Wald bis gegen 1000 m, in den Alpen und der hohen Tatra bis ca. 1500 m, in den Pyrenäen und am Aetna bis ca. 2000 m. Ihre Standortsansprüche sind bezüglich Wärme,

Feuchtigkeit und Nährkraft des Bodens bescheidene, nur reine Kalk- und saure Moorböden werden von ihr gemieden, dagegen ist ihr Lichtbedürfnis dem der Lärche ähnlich und am größten von allen Laubhölzern.

2.* Bétula pubéscens Ehrhart. Ruchbirke, Haarbirke, Bruchbirke (syn. alba Linné zum größeren Teil, odorata Bechstein), der gemeinen Birke sehr nahestehend und typisch von ihr durch folgende Kennzeichen unterschieden: Junge Triebe und Blätter ohne Wachsharzabsonderung, anfangs balsamisch duftend und mehr oder minder dicht flaumig behaart, später meist kahl, Blätter derber, kürzer gespitzt, 3—5 cm lang, mit 1—2,5 cm langem, behaartem, später zuweilen kahlem Stiel. Fruchtschuppen mit längerem, spitzem Mittellappen und eckigen, gleichsam gestutzten Seitenlappen. Flügel der Frucht etwa bis 1½mal so breit als die Nuß, nach oben gar nicht oder nur bis zur Basis der Narbenarme vorragend. Wuchs sperriger, häufig strauchartig; Aeste weniger überhängend. Borke schwächer, nie so hoch am Stamm emporreichend, wie bei der gemeinen Birke. Das Verbreitungsgebiet der Ruchbirke umfaßt ganz Mittel- und Nordeuropa und das nördliche Asien; bestandbildend vorzugsweise im Nordosten, in Deutschland nur noch in Ostpreußen, weiter westlich und südlich nur noch vereinzelt oder horstweise, besonders auf Moorboden. Südlich der Alpen und Karpathen fehlt sie. Im Gebirge steigt sie höher empor als die gemeine Birke. Sie beansprucht durchaus einen anhaltend feuchten Boden oder ein während der Vegetationsperiode nebel- und regenreiches Klima und gedeiht am besten, wo beides gleichzeitig vorhanden ist (Erlenbrüche Norddeutschlands). Hinsichtlich der Bodentiefe ist sie sehr genügsam und zeigt eine viel größere Neigung zu Stockausschlägen, als die gemeine Birke. Die Variationsfähigkeit der Ruchbirke ist unter allen Baumbirken am größten, derjenigen der Bergkiefer vergleichbar! Hält es schon schwer, Betula verrucosa und pubescens auseinander zu halten, so ist eine scharfe Sonderung der durch viele Zwischenformen verbundenen, zahllosen Formen der Ruchbirke derzeit kaum möglich, zumal auch Boden und Klima vielfach formbestimmend wirken.

Als forstlich unbedeutende Kleinsträucher kommen bei uns noch zwei Vertreter der echten „Strauchbirken" vor, ausgezeichnet durch kleine, unterseits hellgrüne, auffallend netzaderige Blätter, aufrechte oder nur wenig überhängende männliche Kätzchen, aufrechte Fruchtzäpfchen und sehr schmal geflügelte Früchte.

3.* Bétula húmilis Schrank, die gemeine Strauchbirke, selten über 1 m hoch, ist bei uns auf Torfmoore am Nordrand der Alpenkette, Galiziens, Siebenbürgens und Norddeutschlands beschränkt. Junge Triebe mit Wachsharzabsonderung. Blätter rundlich-eiförmig, beiderseits verschmälert, kurz gestielt, 1½—3 cm lang, am Rande scharf gesägt. Fruchtzäpfchen 1 (bis 1½) cm lang; Deckschuppen ähnlich wie bei pubescens, aber tiefer 3 teilig und Mittellappen größer.

4.* Bétula nána Linné, die Zwergbirke, 30—60 cm hoch, in den Torfmooren der Alpen und mitteldeutschen Gebirge, hauptsächlich aber in Nordeuropa und Nordasien heimisch, hat nahezu kreisrunde, 6—12 mm lange, am Rand kerbzähnige Blättchen, Triebe ohne Wachsharzaussonderung und ungeteilte oder 3spaltige Deckschuppen mit gleich großen, runden Zipfeln.

5. Bétula lénta Linné, die Hainbirke, Zuckerbirke,



auf Flußniederungen und an Berghängen des östlichen Nordamerika nach Mayr Bäume von durchschnittlich 25 m Höhe bildend, deren wertvolles Holz durch das hohe spez. Gewicht 0,76 und deutlichen braunen Kern ausgezeichnet ist, hat kahle junge Triebe und ist durch die anfangs glänzend braune, kirschbaumähnliche, später nicht abblätternde, schließlich borkig aufreißende Rinde, durch die unserer Weißbuche sehr ähnlichen, 5—7 cm langen Blätter mit zahlreichen Seitennervenpaaren und die erst im Frühjahr abfallenden, mit 3 gleich geformten Lappen versehenen Fruchtschuppen von unsern einheimischen Birken sofort zu unterscheiden. Seit einigen Jahrzehnten ist sie mit bestem Erfolg zu Anbauversuchen in Deutschland herangezogen worden, verlangt zu gutem Gedeihen einen frischen und tiefgründigen Boden, wo sie schon im ersten Jahre eine mit reichlichen Seitenwurzeln versehene, ziemlich lange Pfahlwurzel entwickelt. Höhenwuchs im ersten Jahre gering, 7—10 cm, dann rasch zunehmend und schon mit 8 Jahren ca. 4 m, mit 25 Jahren 12 bis 13 m erreichend. Entschiedene Lichtholzart.

Die seit 150 Jahren bei uns in Gartenanlagen gezogene Unterart B. lútea Mich., die Gelbbirke, mit hell gelbgrauer, quer abblätternder Stammrinde wird als noch raschwüchsiger neuerdings für Anbauversuche empfohlen.

### Erle. Alnus (franz. Aulne).

§ 71. Knospen meist gestielt, mit 2—3 dickwandigen Knospenschuppen, von denen die äußere die andern umfaßt. Echte Endknospe. Männliche Blüten mit je 4 Staubgefäßen, wie bei den Birken in Kätzchen. Tragblätter der zweiblütigen, weiblichen Dichasien undeutlich fünflappig, bei der Reife stark verholzt, sperrig sich öffnend und nach dem Ausfallen der Nüßchen an der Kätzchenspindel bleibend. 14 Arten.

1.* Alnus glutinósa Gärtner. Schwarzerle, Roterle, Eller. Gestielte Knospen und junge Triebe sehr klebrig. Blätter dunkelgrün, rundlich oder verkehrt-eiförmig, abgestumpft oder an der Spitze eingebuchtet, am Grunde keilig, am Rande ungleich oder seichtlappig, doppelt klein-gekerbt-gesägt, kahl, 4—9 cm lang. Männliche und weibliche Kätzchen (lang) gestielt, schon im Sommer entwickelt und frei überwinternd; die männlichen zu mehreren am Ende junger Triebe, worauf die weiblichen nach unten folgen; männliche Kätzchen beim Aufblühen 5—10 cm lang, mit violettbraunen Deckschuppen und gelben Staubbeuteln; an den kleinen (3—4 mm), eiförmigen, weiblichen Kätzchen treten zur Blütezeit nur die roten Narben zwischen den Deckschuppen hervor. Fruchtzapfen 1—2 cm lang, jung grün und klebrig, reif dunkelbraun. Nüßchen flach, 2—4 mm lang, im Umriß rundlich bis 5eckig, rötlichbraun, ungeflügelt oder mit schmalem, undurchsichtigem Saum. 1 Hektoliter Nüßchen wiegt 28—35 Kilo; 1 Kilo enthält ca. 600 000—100 000 Früchte. — Eintritt der Mannbarkeit im Freistande zwischen dem 12. und 20. Jahr, im Schluß meist nicht vor dem 40. Blütezeit Ende Februar bis Anfang Mai, 2—5 Wochen vor dem Laubausbruch. Samenreife im September oder Oktober; Ausfliegen oft noch im Herbst, meist aber erst im Februar und März des nächsten Jahres; Keimfähigkeit 25 bis 35%; Dauer der Keimkraft bis 3 Jahre (bei aus dem Wasser gefischtem Samen höchstens ½ Jahr). Auflaufen bei Frühjahrssaat nach 4—5 (6) Wochen mit zwei kleinen, oberirdischen, eiförmigen Kotyledonen, auf welche sägezähnige Erstlingsblätter folgen. Das Pflänzchen erreicht im 1. Jahre Handlänge, wächst

dann sehr rasch (bis 1 m pro Jahr) bis etwa zum 6. Jahr, dann bis zum 20. Jahr durchschnittlich noch $^2/_3$—$^3/_4$ m, worauf der Höhenwuchs erlahmt und die Krone sich abwölbt. Gesamthöhe selten über 20 m (ausnahmsweise bis über 33 m), Stärke selten ½ m überschreitend. Alter gewöhnlich nicht höher als 100—120 Jahre. Der Stamm reicht wie bei den Nadelhölzern gewöhnlich bis in den Gipfel, ist sehr vollkommen geformt, und trägt meist wagrechte, weit ausgreifende, ziemlich schwache Aeste mit lockerer Belaubung. Das Ausschlagvermögen ist groß und anhaltend, die Stocklohden zeigen ein sehr rasches und andauerndes Wachstum, anfänglich bis 13 cm große Blätter und große Neigung zur Johannistriebbildung. Wurzelbrut wird nie entwickelt und die Stockausschläge erst nach Abhieb des Stammes. Die Bewurzelung ist sehr anpassungsfähig an die Standortsverhältnisse, in tiefgründigem, lockerem Boden aus mehreren tief eindringenden Herzwurzeln, die sich erst im Untergrund verzweigen, in trockenem, flachgründigem, wie auch auf nassem Bruch-Boden aus kurzen Herzwurzeln und zahlreichen, flach- und weitstreichenden Seitenwurzeln. Eine allgemeine Erscheinung an Erlenwurzeln sind die bis faustgroßen, knolligen oder korallenförmig verzweigten Wurzelanschwellungen, deren Erreger[1]), früher Frankia Alni genannt, heute meist zu den Bakterien gestellt wird. Die Befähigung der Erlen, mittelst der Knöllchen freien Stickstoff zu binden, ist durch Wasserkulturen nachgewiesen worden, in welchen sich die Knöllchen ebenso ausbilden wie im Boden (im Gegensatz zu den Leguminosen). Die knöllchenführenden Erlen bedürfen darum ebenfalls keiner Zufuhr von gebundenem Stickstoff, was für die Vegetation der Flach- oder Grünmoore von Bedeutung ist. Rinde im 1. Jahr grünlich-, in der Folge dunkelschokoladebraun, im Alter eine schwarzbraune Tafelborke entwickelnd. Eine sehr auffällige Rindenabnormität zeigt die von Schube (Waldbuch von Schlesien S. 123) abgebildete, alte „Schuppenerle" von Primkenau mit reichlich 1 m langen und 20 cm breiten Borkenschuppen, die ähnlich wie bei Taxus abblättern. Das zerstreutporige Holz, ohne gefärbten Kern, beim Fällen weißlich, färbt sich an der Luft alsbald mehr oder weniger oberflächlich tief gelbrot bis blutrot, wobei ausschließlich der Zellinhalt lebender Zellen (Holzparenchym, Ersatzfasern und Markstrahlen) als Träger der Stoffe in Betracht kommt, die sich bei Sauerstoffzutritt und beim Vorhandensein von Feuchtigkeit rot färben. Das Erlenholz ist wenig elastisch und tragkräftig, weich, gut spaltbar, vom spez. Gewicht 0,53, sehr wenig brennkräftig, sehr vergänglich, bei steter Berührung mit Wasser aber sehr dauerhaft; anatomisch ist es durch falsche, breite Markstrahlen (wie Carpinus) und durch häufige Markflecke (Abb. siehe bei Crataegus) ausgezeichnet, kleine, rötlichbraune Fleckchen, welche sich in jungen Stangen oder im Innern stärkerer Hölzer finden und welche die mit parenchymatischen Zellen nach Art der Thyllenbildung ausgefüllten Fraßgänge gewisser im Kambium und den jüngsten Zuwachsschichten, den Gewebemutterzellen von Holz und Rinde, lebenden Fliegenlarven (Agromyza carbonaria) darstellen.

Das Verbreitungsgebiet der Schwarzerle erstreckt sich über ganz Europa bis zum 62½° n. Br. in Norwegen; außerdem kommt sie noch in Sibirien und in Nordwestafrika vor. Als Hauptholzart der Bach- und Flußufer sowie des Bruchbodens ist sie allenthalben verbreitet, bestandbildend namentlich in Norddeutschland und im mittleren Rußland. Im Gebirge geht sie selbst im Süden nirgends erheblich weit in die Höhe (in Norwegen bis 300,

1) Vgl. Hiltner in Lafar's Handb. d. techn. Mykologie Bd. III S. 60 ff. mit Abb.



im Harz und Erzgebirge bis 600 m, in den bayrischen Alpen bis 800, in den Zentralalpen selten über 1000 usw.). Die Schwarzerle verträgt von all unseren Holzarten die meiste Bodenfeuchtigkeit, verlangt aber zu üppigem Gedeihen Riesel-, nicht Stauwasser, in dem sie weniger gut gedeiht, und stellt hohe Ansprüche an die Tiefgründigkeit des Bodens; auf flachgründigen, wenn auch feuchten Standorten, wird sie frühzeitig wipfeldürr. Reine Sand- oder Kalkböden sagen ihr nicht zu. Sie ist noch zu den Lichtholzarten zu rechnen.

2.* Alnus incána Willdenow, die Weißerle, Grauerle, ist durch folgende Merkmale leicht zu unterscheiden: Knospen behaart, junge Triebe dicht flaumig, ebenso wie die Blätter nie klebrig. Blätter in der Jugend dicht graufilzig, später oberseits dunkelgrün, fast kahl, unterseits graugrün und mehr oder weniger behaart, eiförmig zugespitzt, am Rande scharf doppelt gesägt. Weibliche Kätzchen sehr kurz gestielt, ihre Tragzweige, ebenso wie die der männlichen, dicht flaumhaarig, Nüßchen etwas größer, mit dünnem, dunklem Rand, teils hell-, teils dunkelbraun. 1 Hektoliter Nüßchen wiegt 21—23 Kilo. 1 Kilo enthält 600 000—700 000 Nüßchen. Keimfähigkeit ca. 25%. Die Mannbarkeit tritt früher ein, im Freistand schon mit 15 Jahren. Die Blütezeit fällt etwa 3 Wochen früher. Der Wuchs ist weniger stattlich, die Aeste mehr aufgerichtet, der Stamm häufig krumm und etwas spannrückig. Das Ausschlagvermögen ist sehr bedeutend, da die Weißerle nicht nur Stockausschlag, sondern auch reichliche Wurzelbrut liefert. Die Bewurzelung ist flacher, mit noch weiter streichenden Seitenwurzeln. Die Wachstumsgeschwindigkeit, anfänglich der Schwarzerle nicht nachstehend, läßt oft schon vom 10.—15. Jahre nach. Die Lebensdauer im gesunden Zustande überschreitet nach Hempel und Wilhelm selbst bei günstigen Verhältnissen kaum 40—50 Jahre und kann auf schlechtem Standort auf 20—25 Jahre herabsinken. Die Rinde, anfangs hellgraubraun, dann glänzend silbergrau, reißt nur im höheren Alter etwas auf, bildet aber keine eigentliche Borke. Das Holz, dem der Schwarzerle in jeder Beziehung sehr ähnlich, aber etwas ärmer an falschen, breiten Markstrahlen, hat einen viel geringeren Gebrauchswert. Das Verbreitungsgebiet umfaßt das mittlere und nördliche Europa bis zu 70 ½° n. Br. mit dem Maximum im Nordosten. Außerdem erstreckt es sich durch das mittlere und nördliche Asien. Ebenfalls an Bach- und Flußufern vorkommend, aber weniger an feuchten Boden gebunden und stauende Nässe weit weniger vertragend, steigt sie im Gebirge höher empor, in den Schweizer und Tiroler Alpen z. B. bis ca. 1400 und 1600 m, als „Pionier des Waldes" die Kiesbänke der Gletscherbäche in Gesellschaft der Weiden besiedelnd, aber auch auf trockenen Gebirgshängen mit genügend lockerem Boden, insbesondere auf der Sommerseite, vorzüglich gedeihend. Als bodenbessernde, anspruchslose, raschwüchsige Holzart eignet sie sich, als Naturanflug oder gepflanzt, vorzüglich als Vorbau und als Schutzholz im Gebirge, besonders in der Schweiz [1]) bei neuen Waldanlagen mit Fichten, Kiefern und selbst mit Lärchen, Tannen und Buchen, die unter ihrem lichten Kronenschirm nicht verdämmt werden. Auch in Bayern hat man sie benutzt, um durch Nonnenfraß entstandene, ausgedehnte Kahlflächen in der Umgebung von München wieder in Bestand zu bringen. An die Tiefgründigkeit des Bodens stellt sie geringere Ansprüche und besitzt größere Anpassungsfähigkeit an die Verschiedenheiten der Standorte.

1) Fankhauser in Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1902, S. 77.

Zwischen der Schwarz- und Weißerle kommen gelegentlich Bastarde vor, die teils (A. pubescéns) der Schwarz-, teils (A. ambígua) der Weißerle näher stehen.

3.* Alnus víridis De Candolle, die Grünerle, Bergerle, Alpenerle, Laublatsche, den Birken näher stehend und vielfach als besondere Gattung (Alnáster, Alnobétula) betrachtet, ist stets strauchförmig (1—2½ m), hat sitzende, spitze Knospen und die weiblichen Kätzchen brechen erst im Frühjahr aus kurzen Laubzweiglein hervor. Blätter ähnlich wie bei incana gestaltet, aber kleiner (3½—6 cm), jung klebrig, alt beiderseits meist kahl. Männliche Kätzchen ungestielt, schon im Sommer ausgebildet, überwinternd; männliche Blüten mit vollständig geteilten Staubbeuteln. Nüßchen 1,5 mm lang, mit breitem, häutigem Flügel, ähnlich dem von Bétula lénta. Blütezeit an den meist hochgelegenen Standorten von Ende Mai bis Anfang Juli. Die Grünerle ist in der gemäßigt kalten und kalten nördlichen Zone in verschiedenen Varietäten fast rings um den Erdball verbreitet. In Mitteleuropa findet sie sich vornehmlich in den Alpen und Karpathen, wo sie bis gegen 2000 m emporsteigt. Sie bevorzugt feuchte, schattige Nordhänge, namentlich auf Schiefer und Urgestein, und überzieht, häufig in Gesellschaft von Alpenrosen, oft weite Gebiete etwas über der Waldgrenze in dichtem Schluß, an steilen Hängen vielfach kleine Schutzwälder gegen Stein- und Erdabrutschungen bildend, wozu sie durch ihren dicht buschigen, oft latschenähnlichen Wuchs, ihre feste Verankerung im Boden, ihr großes Ausschlagvermögen und ihre reichliche Wurzelbrut, sowie ihre Raschwüchsigkeit vorzüglich geeignet ist. Auch siedelt sie sich gerne in Lawinenzügen an, hier einen trefflichen Bodenschutz bildend, weil die elastischen, stets hangwärts wachsenden Aeste von der Lawine niedergelegt werden, ohne zu brechen und sich später wieder aufrichten. Ein Schutzholz gegen Lawinen fall, wie man früher glaubte, bildet sie nach Schröter[1]) aber nicht, weil sie im Abrißgebiet der Lawine gerade durch diese Elastizität gefährlich wird und mit ihren blattlosen Zweigen viel stärker in die Schneedecke drückt, als die benadelte Latsche und so die Schneelasten leicht zum Rutschen bringt. In manchen Gebirgsgegenden ist es darum Vorschrift, an solchen Stellen die Alpenerlen bis auf kurze Stummel wegzuhauen. Da sie die gleichen Wurzelknöllchen besitzt wie die anderen Erlen, kommen ihr auch bodenbessernde Eigenschaften im Gebirge zu und man kann in niederen Lagen da, wo man sie ausgereutet hat, direkt Kartoffeln pflanzen. Von den Hochgebirgen geht sie an den Ufern der Bäche und Flüsse bis tief in die Täler hinab und auf die nördlich angrenzenden Hochebenen und findet sich häufig auch im südlichen Schwarzwald, im Böhmerwald und im böhmisch-mährischen Waldgebiet.

### B. Steinfrüchtige Kätzchenträger.

§ 72. Walnußartige Laubhölzer. (Familie Juglandaceae.) Blätter ohne Nebenblätter, groß, unpaarig gefiedert, wechselständig. Männliche Blüte der Deckschuppe aufgewachsen. Steinfrüchte mit unvollständig 2fächerigem Steinkern. Embryo des endospermlosen Samens mit großen, lappigen, ölreichen Kotyledonen, welche bei der Keimung unter der Erde bleiben.

1) Schröter, Pflanzenleben der Alpen S. 98.



**Walnussbaum. Juglans (franz. Noyer).**

Männliche Kätzchen einzeln, hängend, weibliche (bei den 3 ersten Arten) wenigblütig. Steinfrucht groß, ungeflügelt, mit fleischigem oder lederigem Fruchtfleisch. Mark der Zweige quer gefächert.

1.* Juglans régia Linné. Gemeiner Walnußbaum. In zahlreichen Kulturrassen als Obstbaum kultiviert und nur ausnahmsweise im Walde angebaut. Blätter mit großem Endblättchen, 20—35 cm lang, aus 5—13, meist 7, länglich eiförmigen, zugespitzten, ganzrandigen, 6—10 cm langen Blättchen zusammengesetzt. Frucht oval, von sehr verschiedener Größe, kahl, grün, glatt; Innenschale grubig gefurcht, holzig, scherbengelb, dünn oder mäßig dick, mit dünnen Scheidewänden. Die Mannbarkeit tritt etwa ums 20. Jahr ein; Samenjahre alle 2—3 Jahre. Dauer der Keimkraft ½ Jahr. Der Höhenwuchs ist ziemlich rasch, der Baum erreicht mit 60—80 Jahren 15—20 m Höhe, die später kaum mehr wesentlich überschritten wird, da der Stamm sich gewöhnlich wenige Meter über dem Boden in eine ausgebreitete, starkästige, abgewölbte Krone auflöst. Der Durchmesser kann bei ca. 300—400 Jahre anhaltendem Dickenwachstum bis über 1 m erreichen. Das Wurzelsystem besitzt eine auch später vorherrschende, kräftige Pfahlwurzel. Das Holz vom spez. Gewicht 0,68 mit braun bis schwarzbraun gewässertem Kern, ist das wertvollste einheimische Nutzholz, das einzige zerstreutporige Holz, dessen Gefäße schon mit bloßem Auge zu erkennen sind; die Markstrahlen sind sehr fein, mit bloßem Auge nicht zu erkennen. Die Rinde bildet eine tiefrissige, hellgraue Borke.

Das natürliche Verbreitungsgebiet reicht von Südosteuropa bis Zentralasien. In Südeuropa und in den milderen Gegenden Zentraleuropas allgemein angebaut, im Südosten Oesterreich-Ungarns verwildert und selbst bestandbildend, ist er eine anspruchsvolle Holzart, die mildes Klima, geschützte Lage und tiefgründigen, nahrhaften, milden Boden verlangt. Auf Kalkboden dagegen begnügt er sich nach Fankhauser[1]) mit außerordentlich wenig Humus und ist trotzdem raschwüchsig. Sein Schattenerträgnis steht dem der Buche nicht viel nach, mit der er im waldbaulichen Verhalten vielfach übereinstimmt und mit der gemischt er einen wenig verzweigten, schlanken Stamm mit hochangesetzter Krone bildet. Die hohe Frostempfindlichkeit, die für den Fruchtbaum in erster Linie von Bedeutung ist, dürfte für den Waldbaum nicht bedenklicher sein, als bei unserer ja ebenfalls recht frostempfindlichen Esche. Bei der großen und stetigen Nachfrage nach Nußbaumholz und seinem hohen Preise, bei der allenthalben beobachteten starken Abnahme der Zahl alter, starker Nußbäume sollte der Nachzucht des Nußbaumes im Hochwalde in Gebirgstälern, auch auf steinigem und tiefgründigem Kalkboden, entschieden mehr Interesse zugewendet werden, da er den Boden mit seiner viel dichteren Krone besser schützt und relativ genügsamer ist, als die lichtbedürftige Schwarznuß.

2. Júglans nígra Linné. Schwarzer Walnußbaum, im östlichen Amerika vom südlichen Kanada bis Florida und von Minnesota bis Texas besonders in Flußniederungen und auf tiefgründigen Berghängen heimisch, auf angeschwemmtem Boden seines Optimums, im kontinentalen Teil der südlichen Laubwaldhälfte, bei ca. vierhundertjährigem Alter bis 45 m Höhe und 3 m Durchmesser erreichend, ist durch 25—40 cm lange Blätter mit (11) 13—19 (23) lang-

1) Fankhauser, Der Walnußbaum in Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1904.



zugespitzten, länglich-lanzettlichen, am Rande gesägten, bis 10 cm langen, oberseits kahlen, unterseits zerstreut kurzhaarigen Blättchen (Endblättchen fehlt öfters) ausgezeichnet. Früchte kugelig, kahl, rauhschalig, abgefallen schwarz, mit dicker, tiefgefurchter, schwarzer Innenschale und dicken Scheidewänden. Borke kleinschuppig, später tiefrissig, dunkelgrau. Wegen seines vorzüglichen Holzes vom spez. Gewicht 0,54—0,61, das sehr schmalen Splint und dunkelbraun-violettes Kernholz besitzt, auch schönen Maserwuchs zeigt, dem von J. regia nicht nachsteht, aber in allen guten Eigenschaften dem der grauen Walnuß überlegen ist, wurde der Baum in den letzten Jahrzehnten forstlich vielfach in größerem Maßstabe angebaut, wobei er sich als der wertvollste, aber auch als der anspruchsvollste der fremden Laubholzarten erwiesen hat[1]. Im Freistand bildet er eine ähnliche Krone wie unser Walnußbaum, im Schlusse einen vollendeten, astreinen Schaft. Die Nüsse keimen, feucht aufbewahrt, bzw. vorgekeimt, mit 70—80%. Um die rechtzeitige Entwicklung der Keimpflanzen und ein genügendes Verholzen vor Eintritt des Frostes zu sichern, müssen die sehr dick- und hartschaligen und darum schwer keimenden Nüsse bereits vor der Aussaat durch mehrmonatliches Vorkeimen in feuchtem Sand und Pferdedung zum alsbaldigen Keimen vorbereitet sein und soll, der frühzeitigen Entwicklung der starken Pfahlwurzel halber, die Bestandesgründung nur durch Saat oder höchstens 1jährige Pflanzen erfolgen. Die 1jährige Pflanze erreicht schon 30—80, im Durchschnitt 40 cm Länge und bildet eine Pfahlwurzel von ähnlicher Länge, die vom 2. Jahre ab ungemein stark und fleischig ist und nur wenig Seitenwurzeln besitzt. Die weiteren Zuwachsverhältnisse sind außerordentlich günstig. Mit 40 Jahren erreicht der Baum bei uns auf gutem Standort 15—20 m Höhe, in 60—80jährigem Alter 25 m und mehr und bis 1 m Durchmesser. Alte, bis 35 m hohe Bäume sind in Deutschland mehrfach vorhanden. Die Standortsansprüche sind hohe, ähnlich wie beim gemeinen Walnußbaum, doch verlangt er als eigentliche Holzart der Auenreviere einen sehr tiefgründigen, milden und frischen Lehmboden (ohne unverwitterte Mergelschichten im Untergrund) und ist in geeigneten Lagen viel weniger durch Spätfröste gefährdet, während Frühfröste bei seiner langen Vegetationsdauer gefährlich sind; er ist eine ausgesprochene Lichtholzart, doch ist in den ersten Jahren mäßige Beschattung vorteilhaft und Seitenschutz in der Jugend notwendig. Auf geeigneten Standorten ist er der Eiche und Esche an Höhen- und Stärkezuwachs erheblich überlegen.

3. Júglans cinérea Linné. Grauer Walnußbaum, mit vorstehender Art die Standorte im östlichen Nordamerika teilend, aber weniger weit nach Süden und Südwesten vordringend. Blätter bis 60 cm, mit 13—15 (21) ähnlichen, aber scharfgesägten Blättchen, die oberseits kurzhaarig, unterseits sternhaarig sind; Endblättchen meist vorhanden. Früchte 2fächerig, pflaumenförmig, drüsig klebrig, mit rotbraunen Haaren, ebenso wie die jungen Zweige, dicht besetzt; Borke weißlich-aschgrau, Holz leichter (0,41). — In seiner Entwicklung und in seinen Lebensansprüchen steht der graue Walnußbaum dem schwarzen sehr nahe, stellt indes etwas geringere Anforderungen an die Lockerheit des Bodens, da seine Bewurzelung viel flacher zu sein pflegt, ist frosthärter und darum in rauheren Lagen widerstandsfähiger, gedeiht z. B. noch sehr gut in den russischen Ostseeprovinzen, wo J. nigra

1) Vergl. Rebmann, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1903 S. 215 ff. und Mitt. d. D. Dendr. Ges. 1907, S. 187 bis 209, 1909 S. 302 ff. und Schwappach, D. Dendr. Ges. 1911 S. 11.



nicht mehr fortkommt, erträgt mehr Schatten, erlahmt aber viel früher in seinem Höhenwuchs (bei uns bis ca. 15 m).

### Hickorynuss. Carya (richtiger Hicoria).

§ 73. Männliche Kätzchen meist zu 3 auf gemeinsamem Hauptstiel, weibliche 3—10blütig. Steinfrucht groß. Aeußere Schale anfangs fleischig, später holzig, 4klappig aufspringend. Die Steinkerne öffnen sich bei der Keimung nicht längs den Kanten, sondern zerfallen zwischen denselben in 2 Teile. Mark der Zweige ungefächert. 8 nordamerikanische Arten.

Die Hickoryarten nehmen am Aufbau des Laubwalds der östlichen Vereinigten Staaten vom Lorenzostrom bis Texas gleich den Eichen einen großen Anteil, wenn sie auch nie bestandbildend und meist nur eingesprengt vorkommen. Alle lieben tiefgründigen, lockeren Boden und erwachsen auf dem kräftigen Schwemmboden der Flußniederungen, über dem Hochwasserniveau erhaben, zu den stattlichsten Dimensionen (bis 30 m, einzelne im Optimum bis 45 m). Das schwere Hickoryholz gehört zu den wertvollsten Nutzhölzern der nördlich-gemäßigten Erdhälfte. Hickory ist ein Sammelname für das Holz der am weitesten nördlich reichenden Arten (C. alba, porcina, sulcata, tomentosa und amara), während dasjenige der südlichen Arten viel geringeren Gebrauchswert besitzt. Das ringporige Holz der einzelnen Arten ist anatomisch im wesentlichen gleich gebaut, von den Juglansarten sehr verschieden und dem Eschenholz einigermaßen ähnlich, aber mit sehr schmaler Zone großer Gefäße im Frühholz und mit zahlreichen, dem Jahresring parallelen Parenchymstreifen im Spätholz. Allen Hickorys gemeinsam ist die späte Verkernung des Holzes, erst vom ca. 50. Jahre tritt die bräunliche Verfärbung ein, was aber für den Gebrauchswert der Hölzer belanglos ist. Wegen der ganz hervorragenden technischen Eigenschaften ihres Holzes (sehr schwer, ca. 0,90 bis 0,80, hart, sehr schwerspaltig, sehr zäh, sehr elastisch, sehr fest, dauerhaft und brennkräftig) hat man in den letzten Jahrzehnten umfassende Anbauversuche mit den oben genannten 5 Arten gemacht. Alle Hickoryarten verlangen zu gutem Gedeihen kräftigen, frischen Boden (beste Eichenböden) und ein mildes, lange Vegetationszeit gewährendes Klima (Eichenklima). Die Keimung erfolgt bei uns sehr spät, im Spätsommer oder Herbst und die jungen Pflanzen reifen dann nicht aus; viele Nüsse liegen bis zum 2. und 3. Jahre über. „Vorgekeimt" und im April ausgesät, treiben sie im Mai bis Juni aus. Die Entwicklung der oberirdischen Pflanze ist in den ersten 5 Jahren langsam (Gesamtleistung ca. 80 cm), während sich in dieser Zeit hauptsächlich eine kräftige Pfahlwurzel ausbildet, die im 1. Jahre ca. 30 cm, im 2. ca. 50 cm lang wird, mit zahlreichen, schwachen Seitenwurzeln besetzt und nicht so fleischig wie bei J. nigra. ist. Obwohl Lichtpflanzen, bedürfen sie in der Jugend unbedingt des Schutzes, lichten Schirm von oben und Seitenschutz, da sie, bis etwa zum 5. Jahre, gegen Spät- und Frühfröste empfindlich sind. Ihr Ausschlagsvermögen aus Stock und Wurzeln ist außerordentlich und sehr andauernd. 9jährige Pflanzen erreichen vielfach 2 m Höhe und dann erst geht das Längenwachstum, wie auch in ihrer Heimat, energisch voran. Durch mehr als 100jährige Bäume ist das Gedeihen der drei für uns wertvollen Arten in den verschiedensten Gegenden Deutschlands bis Ostpreußen hin bewiesen. Die wichtigsten Unterschiede der einzelnen Arten sind folgende:

1. Cárya álba Nuttal (richtiger Hicória ováta Britton). Weiße Hickory. Blätter langgestielt, 30—60 cm lang, mit 5 Blätt-

chen, deren größte Breite in der Mitte liegt und von denen die 3 obersten die größten sind. Blattrand stumpf gesägt, Zähne stets behaart. Endknospen sehr groß, länglich, mit einigen abstehenden, braun behaarten Schuppen. Sie hat sich bei den preußischen Anbauversuchen weitaus am besten bewährt (vgl. Schwappach i. D. Dendr. Ges. 1911 S. 6 und 7).

2. Carya amára Nuttal (richtiger Hicoria minima Britton). Bitternuß. Blätter 25—35 cm lang, mit 7—11 Fiederblättchen; charakteristisch sind die gelbgrünen, 4kantigen, vom Trieb weggekrümmten Knospen. Diese Hickoryart liebt das größte Maß von Bodenfrische und gedeiht besonders gut in der Nähe des Wassers, nach Schwappach wegen geringwertigem, brüchigem Holz für weitere Anbauversuche bei uns nicht empfehlenswert.

3. Carya porcína Nuttal (richtiger Hicoria glabra Britton). Schweinsnuß-Hickory. Blätter 25—40 cm lang, mit 5—7 kahlen Blättchen, die Blattzähne nach vorn gekrümmt. Knospen kurz, eiförmig, mit braunen, kahlen Schuppen. Diese Art nimmt noch mit einem weniger guten, mehr sandigen Boden vorlieb und hat sich bei uns am zweitbesten bewährt.

4. Carya tomentósa Nuttal (richtiger Hicoria alba Britton). Spottnuß. Blätter 25—50 cm lang, mit 7 lanzettlichen, unterseits weichwollig behaarten Blättchen. Knospen kurz und dick, filzig behaart. Diese Art ist aber langsamwüchsiger als alba und nur für milderes Klima geeignet.

5. Carya sulcáta Nuttal (richtiger Hicoria acuminata Dippel). Großfrüchtige Hickory. Blätter 20—25 (50) cm lang, mit 7—9 Blättchen, von denen die 3 obersten die größten sind. Knospen ähnlich wie bei alba, junge Triebe aber kahl. Diese Art verlangt den besten Boden, viel Wärme und ist nach Schwappach für Preußen zu wärmebedürftig.

§ 74. Als einziger Vertreter der Myricaceen kommt Myrica Gále Linné, Gagelstrauch, auch Brabanter Myrthe genannt, ein kleiner (30 cm bis 1,25 m), gesellig wachsender, aromatisch duftender, zweihäusiger Strauch, mit kleinen, lanzettlichen, etwas gesägten, unterseits grauflaumigen Blättern und unscheinbaren, in kleinen, ährig angeordneten Kätzchen stehenden Blüten, in Norddeutschland von der niederrheinischen Ebene bis Ostpreußen und der Niederlausitz in Torfbrüchen und nicht selten auch als Unterholz in Kiefernwäldern vor.

### C. Kapselfrüchtige Kätzchenträger.

§ 75. Weidenartige Laubhölzer (Familie Salicaceae), Pflanzen diözisch. Kätzchen auf der Spitze seitlicher Kurztriebe. Blüten einzeln, ohne Perigon, in den Achseln der Kätzchenschuppen. Früchte zweiklappig aufspringende Kapseln mit meist sehr vielen, mit grundständigem, als Flugorgan dienendem Haarkranz versehenen, sehr kleinen Samen.

#### Die Weiden. Salix (franz. Saule).

Kätzchenschuppen ganzrandig. Blüten mit 1—2 gelben, schuppenförmigen Honigdrüsen und 2 (selten 3 oder 5) Staubgefäßen. Insektenbestäubung. Laubblätter kurzgestielt, ungeteilt. Nebenblätter gewöhnlich klein und hinfällig, seltener ansehnlich und bleibend. Winterknospen mit nur einer einzigen, hohlen Knospenschuppe. Langtriebe ohne Endknospe, in der Regel die



ganze Vegetationsperiode weiter wachsend und an der Spitze im Herbst absterbend. Kätzchen aus Seitenknospen vorjähriger Triebe entspringend, sitzend oder kurz gestielt, mit nur einigen Niederblättern am Grunde und vor dem Laubausbruche blühend (frühblühende W.), oder am Ende eines mit einigen Laubblättern besetzten Kurztriebs und mit oder gleich nach dem Laubausbruch blühend (spätblühende W.). Wuchs meist strauchartig mit rutenförmigen Langtrieben. Bewurzelung meist weit ausstreichend und nicht tiefgehend. Stock- und Stammausschlag außerordentlich reich und andauernd, eigentliche Wurzelbrut dagegen kommt nicht vor. — Die Weiden bringen zwar alljährlich reichlich Samen, dieser ist aber zum größten Teile taub, behält seine Keimkraft nur ganz kurze Zeit, meist nur wenige Stunden, verträgt keine Bedeckung und die jüngen Samenpflanzen wachsen in den ersten 3 Jahren sehr langsam. Die Weiden werden darum bei Anpflanzungen ausschließlich aus Stecklingen (bzw. Setzstangen) erzogen, die sich, wie bei keiner andern Baumgattung, rasch und sicher bewurzeln. Am Grunde der Achselknospen, unter der Rinde, befinden sich nämlich stets Wurzelanlagen, die unter normalen Verhältnissen keine Gelegenheit zur Weiterentwicklung haben. (Vgl. auch Abb. 3.)

Alle Weiden sind mehr oder weniger ausgesprochene Lichtpflanzen. Man kennt etwa 160, zum Teil ziemlich variable Arten [1]) und eine fortwährend wachsende, große Zahl von keimfähige Samen erzeugenden Bastarden. Experimentell ist von Wichura festgestellt, daß nicht nur zwischen den verschiedenen Stammarten, sondern auch zwischen Bastarden und Stammarten und sogar zwischen zwei Bastarden nahezu unbegrenzte Bastardierung möglich ist (Doppel- und Tripelbastarde!). Von den zahlreichen (über 30) mitteleuropäischen Weiden sind hier nur die Baum- und Strauchweiden und die wichtigeren Kulturweiden aufgenommen, die Zwergweiden, denen keinerlei forstliche Bedeutung zukommt, dagegen nicht.

A. Bruchweiden. Meist Bäume. Kätzchen auf seitlichen, beblätterten Kurztrieben endständig. Kätzchenschuppen einfarbig, gelbgrün, vor der Reife abfallend. Blätter stieldrüsig. Triebspitze walzenrund, mit stumpf 5eckigem bis rundlichem Mark. Männliche Blüten mit zwei Honigdrüsen.

1.* Sálix álba Linné. Weißweide, Silberweide. Blätter meist 1—1,5 cm breit, 6—10 cm lang, lanzettlich, zugespitzt, klein gesägt, mit seidenglänzenden, der Mittelrippe parallel anliegenden Haaren, unterseits weiß oder grauweiß; Nebenblätter lanzettlich, hinfällig. Knospen stumpf, angedrückt, rötlichgelb. Junge Triebe ebenfalls seidig behaart; vorjährige kahl, meist olivenbraun oder scherbengelb (bei der var. vitellína, der Dotterweide, dottergelb oder lebhaft mennigrot). Die Rindenfarbe ist, wie vielfach bei den Weiden, sehr verschieden nach individuellen Eigentümlichkeiten und nach den Beleuchtungsverhältnissen; sie zeigt hier alle Uebergänge von grün bis leuchtendgelb und karminrot. Staubgefäße 2. Kapsel fast sitzend, kahl, Stielchen derselben kaum so lang als die kurze Honigdrüse. Der Wuchs der Silberweide ist ein sehr rascher; bei ungestörter Entwicklung bildet sie Bäume mit vielästiger, feinverzweigter Krone mit herabhängenden jüngeren Zweigen, erreicht bis 24 m Höhe, bis 1 m und darüber Durchmesser und wird 80—100

1) Zu einer gründlichen Kenntnis der Weiden ist ein Spezialstudium derselben erforderlich, da zu einer genauen Kenntnis der Art blühende männliche und weibliche Zweige, junge Fruchtzweige, sowie normale Zweige und Wasserreiser mit jungen und mit erwachsenen Blättern nötig sind.

Jahre alt, gewöhnlich aber schon frühzeitig kernfaul und hohl. Die Borke älterer Bäume ist bräunlichgrau, vorwiegend längs- und tiefrissig, nicht abblätternd. Das Holz mit lebhaft hellrotem bis dunkelbraunem Kern und schmalem, weißem Splint, ist, wie bei den meisten Weiden, leicht (ca. 0,45), sehr weich, sehr zähbiegsam, wenig elastisch und fest und nur von beschränkter Dauer und geringer Brennkraft; im Querschnitt ist es gleichmäßig zerstreutporig, mit deutlichen Jahrringgrenzen und von sehr feinen Markstrahlen durchzogen.

Die Silberweide, die stattlichste aller Baumweiden, findet sich durch ganz Europa häufig in Auwaldungen und Ufergehölzen. Angepflanzt ist sie häufig als Kopfholz zur Gewinnung von Faschinen, die var. vitellína als Flechtweide. Als Parkbaum ist sie gleichfalls sehr beliebt und als größerer Baum sehr malerisch.

2.* Salix frágilis Linné. Bruchweide, Knackweide. Blätter meist 7—15 cm lang und bis 2 ½ cm breit, der vorigen ähnlich, aber gewöhnlich in der unteren Hälfte am breitesten, lang zugespitzt, beiderseits glänzend grün, oder unterseits bläulich bereift, kahl, mit halbherzförmigen Nebenblättern. Zweige grünlichbraun bis gelblich, mit meist dunkleren Knospen, an ihrer Basis glasartig spröde und leicht mit knackendem Geräusch vom Mutteraste abbrechend. Staubgefäße 2. Stielchen der kahlen Kapsel 3—5mal so lang als die Honigdrüse. — Die Bruchweide, in Mitteleuropa echt seltener als die Bastarde, welche sie mit der vorigen und den beiden folgenden gebildet hat, bewohnt, wie die Weißweide, ganz Europa, mit Ausnahme Skandinaviens, ist streng an die Flußläufe gebunden und macht sonst ähnliche Standortsansprüche wie die Weißweide, der sie an Raschwüchsigkeit etwas nachsteht. Höhe bis 10 und 15 m. Holz dem der Weißweide sehr ähnlich.

3.* Salix pentándra Linné. Fünfmännige Weide, Lorbeerweide. Blätter derb, 5—10 cm lang, 2—3 cm breit und darüber, breit lanzettlich bis länglich eiförmig, kurz zugespitzt, fein und dichtgesägt, ganz kahl, oberseits stark glänzend, unterseits matt blaßgrün. Nebenblätter eiförmig, gerade, meist fehlend, an ihrer Stelle grüne, drüsige Knötchen. Blattstiele oberwärts vieldrüsig. Zweige und Knospen jung, gleich den Blättern, etwas klebrig, ausgewachsen glänzend grünlich oder rötlichbraun. Staubgefäße 5 (bis 10), Stielchen der kahlen Kapsel doppelt so lang als die Honigdrüse. — Die Lorbeerweide ist eine nordeuropäische und -asiatische Holzart, am häufigsten in Ost- und Westpreußen und den baltischen Provinzen an Wasserläufen, dort bis 10 m Höhe erreichend, als Strauch auch auf Torf- und Moorboden häufig. Im Süden ist sie meist spärlich und fehlt vielen Gegenden ganz.

B. Mandelweiden. Kätzchen und Honigdrüsen wie bei vorigen, Kätzchenschuppen gelblichgrün, bis zur Fruchtreife bleibend, Triebspitze tief gefurcht (im Querschnitt sternförmig, mit scharfeckigem, 8strahligem Mark).

4.* Salix amygdálina Linné (erweitert) (syn. S. triándra Linné). Mandelweide. Blätter ziemlich derb, meist 5—8 cm lang und 1—2 cm breit, lanzettlich oder länglich, in der Mitte häufig parallelrandig, erst aus dem obersten Drittel oder Viertel zugespitzt, gesägt, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits grün oder blaugrün, kahl (oder anfangs seidenhaarig). Nebenblätter ziemlich groß, halbnierenförmig, lange bleibend. Zweige nebst den anliegenden Knospen braun und kahl. Staubgefäße 3. Stielchen der kahlen Kapsel 2—3mal so lang als die Honigdrüse. Den Flußläufen, wie die vorigen folgend, im

Gebirge indes höher emporsteigend, bewohnt die Mandelweide ganz Europa als Großstrauch von 1—4 m Höhe, gedeiht aber als Kulturweide auf den Böden verschiedenster Art, hinreichenden Wassergehalt vorausgesetzt, beschattet den Boden besser als die ersten 3 Arten und übertrifft auf Torfboden in der Massenproduktion alle anderen Korbweiden erheblich. Gegen Spätfröste ist die Mandelweide von allen Kulturweiden am empfindlichsten.

C. Schimmelweiden. Kätzchen seitlich sitzend, vor dem Laubausbruch erscheinend; Kätzchenschuppen in der oberen Hälfte rostfarben bis schwärzlich bleibend. In beiderlei Blüten, wie bei den folgenden, nur eine Honigdrüse.

5.* Salix daphnoídes Villars. Reifweide, Schimmelweide. Blätter 3—5mal so lang als breit, lanzettlich, kurz zugespitzt, drüsig gesägt, anfangs nebst den jungen Trieben zottig, dann kahl, oben glänzend dunkelgrün, unten bläulichgrau, mit ober- und unterseits vortretendem, gelbem Mittelnerv. Nebenblätter halbherzförmig. 2—5jährige Zweige hechtblau bereift. Innere Rinde gelb. Kätzchen am frühzeitigsten hervorbrechend, anfangs durch die dichtbehaarten Deckschuppen glänzend silberweiß (Palmkätzchen). Staubgefäße 2. Kapsel kahl, sitzend. — Raschwüchsiger Baum von 4—20 m Höhe mit dicken Zweigen und glatter Rinde. Durch Mittel- und Nordeuropa verbreitet, wächst diese schöne Weide am liebsten auf kalkhaltigem, sandigem Lehm an Ufern von Flüssen und Gebirgsbächen, besonders in der rheinischen, süddeutschen, der Alpen- und südlichen Karpathenzone, während sie in Mittel- und Norddeutschland nur vereinzelt auftritt. Auf kalkfreiem und auf Moorboden gedeiht sie nicht. Beliebter Zierbaum.

6. Salix acutifólia Willdenow. Kaspische Weide (syn. pruinósa Wendland, häufig nur als Varietät der vorigen betrachtet), durch dünne Zweige und lanzettliche, lang zugespitzte Blätter, die nur 1—1 ½ cm breit und 6—7 mal so lang, beiderseits kahl und grün sind und durch spitz-lanzettliche Nebenblätter, welche fast so lang wie die Blattstiele sind, von der Reifweide verschieden. — Ansehnlicher, 3—6 m hoher Großstrauch oder 3—6 m hoher Baum von anfänglich raschem Wuchs. Ausschlagvermögen bei jährlichem Schnitt wenig ausdauernd und nur wenige, aber sehr lange, starke und astreine Ruten liefernd, hierin wesentlich hinter Korb- und Mandelweide zurückstehend. Heimisch vorzugsweise im östlichen Rußland und südlichen Sibirien und in ihren Standortsansprüchen äußerst bescheiden, begnügt sich diese Weide, die ein ganz enormes Wurzelvermögen besitzt (bis 20 m weit ausstreichende Seitenwurzeln unter Umständen!) auch mit geringen Böden, insbesondere armem Sandboden, sandigen Höhenrücken und übertrifft auf solchen Standorten alle andern Kulturweiden.

D. Purpurweiden. Staubfäden bis zur Spitze oder bis zur Hälfte verwachsen; Staubbeutel rot, nach dem Verstäuben meist schwarz, sonst wie C.

7.* Salix purpúrea Linné. Purpurweide. Blätter und Kätzchen häufig gegenständig, bis 12 mm breit, lanzettlich, im obersten Drittel am breitesten, zugespitzt, von der Mitte bis zur Spitze scharf klein gesägt, in der untern immer ganzrandig, oberseits dunkelgrün, matt glänzend, unterseits graugrün, erwachsen ganz kahl; Nebenblätter fast stets fehlend. Zweige glänzend, gelblichgrau, mit glänzend roten Knospen. Staubgefäße 2, bis zur Spitze verwachsen, also scheinbar nur 1, Kätzchen fast sitzend, vor dem Laubausbruch blühend, mit mehreren kleinen Laubblättchen am Grunde. Kätzchenschuppen an der Spitze schwarzrot. — Der anfangs rasche Höhenwuchs

läßt bald nach und die Purpurweide bildet 1—6 m hohe Sträucher, im besten Falle bis 10 m hohe Bäume mit schlankem Stamm mit glatter, grauer Rinde und besenförmiger Krone. Ihr Verbreitungsgebiet geht durch Süd- und Mitteleuropa bis zum südlichen Schweden, in den Niederungen ist sie häufiger als im Gebirge und besonders im Kies und Sand der Flußufer bildet sie oft ganze Bestände, besonders in Oberbayern und Oesterreich am Unterlauf der in die Donau mündenden Alpenflüsse. Vielfach als Flecht- und Faschinenweide, sowie als Ziergehölz angepflanzt, gedeiht sie am besten auf humusreichen Sandböden, sehr gut auch auf moorigem Boden und kommt auch noch auf trockenem Boden fort.

E. Korbweiden. Staubfäden frei. Staubbeutel nach dem Verstäuben gelb. Innere Rinde grünlich, sonst wie vor.

8.* Salix viminális Linné. Korbweide, Bandweide, Hanfweide. Blätter schmal bis lineal lanzettlich, ca. 10 mal so lang wie breit, zugespitzt, fast ganzrandig oder seicht ausgebuchtet, am Rande etwas zurückgerollt, oberseits trüb grün, unterseits dünn graufilzig silberglänzend. Junge Zweige, wie die Knospen sammetartig graufilzig, zäh, dichtbeblättert. Nebenblätter lineallanzettlich, bald abfallend. Kätzchen fast sitzend, dick, mit einigen kleinen Laubblättern am Grunde; Kätzchenschuppen zottig behaart, in der oberen Hälfte schwarzbraun. Staubgefäße 2, langgestielt. Kapsel sitzend, filzig, mit langem Griffel und fadenförmigen Narben. — Die Korbweide ist eine echte Niederungsholzart; sie fehlt in ganz Mitteleuropa wohl kaum einer von Wasserläufen durchzogenen Ebene, liebt tiefgründigen, aufgeschwemmten Sand- oder Schlammboden und kommt spontan nur an solchen Standorten vor, meist strauchartig, 2—4 m Höhe erreichend, selten baumartig bis 10 m. In der Massenerzeugung allen andern überlegen, ist sie die verbreitetste Kulturweide, die auch auf andern als ihren natürlichen Standorten, z. B. frischen, humosen Sandböden trefflich gedeiht und selbst auf armen Sandböden verhältnismäßig große Erträge liefert, während ihr Torfboden nicht zusagt.

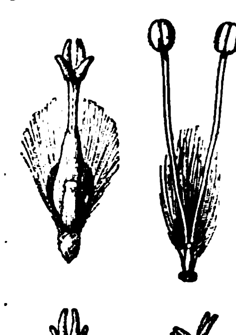
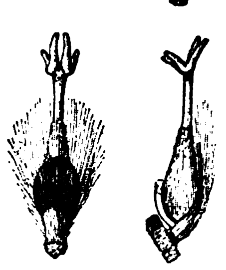



Abb. 72. Salix viminalis (Korbweide). Oben rechts männliche Blüte, links und unten weibliche Blüte mit Deckschuppe u. Honigdrüse. Vergr. 5 (aus Hempel und Wilhelm).

F. Graue Weiden. Staubfäden 2, zur Hälfte verwachsen. Staubbeutel gelb. Kätzchenschuppen einfarbig (oder bei den männlichen Blüten an der Spitze der Schuppen rostfarbig).

9.* Salix incána Schrank. Weißgraue Weide (syn. S. Elaeágnos Scopoli). Blätter dicht stehend, schmal lineallanzettlich, lang zugespitzt, ganzrandig oder sehr fein gezähnt, mit mehr oder weniger ungerolltem Rande, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits dicht weißgrau, spinnewebig-filzig, glanzlos. Nebenblätter stets fehlend. Junge Triebe filzig. Stielchen der kahlen Kapsel doppelt so lang als die Honigdrüse. Kätzchen mit den Blättern erscheinend, meist abwärts gekrümmt, mit einigen kleinen Laubblättern am Grunde. — Die graue Weide ist eine südeuropäische Holzart, bildet gleich der Purpurweide große Sträucher oder kleine Bäume und findet sich in Mitteleuropa am Oberrhein und vornehmlich längs der Donau und ihren rechtsseitigen Nebenflüssen mit purpurea bestandbildend, in den österreichi-

schen Alpenländern bis 1300 m als Begleiterin der Flußläufe emporsteigend; als Kulturweide kommt sie nicht in Betracht.

G. Saalweiden. Niedrige Bäume und hohe Sträucher mit ei- oder verkehrt eiförmigen, unterseits graufilzigen Blättern. Kätzchen seitlich, anfangs sitzend, später gestielt; Kätzchenschuppen an der Spitze gefärbt. Kapseln langgestielt, behaart. Staubgefäße 2.

10.* Salix Cáprea Linné. Saalweide, Palmweide. Blätter breit elliptisch, mit kurzer, zurückgebogener Spitze, ca. 5—10 cm lang und 3—5 cm breit, oberseits jung flaumig, später dunkelgrün, beinahe kahl, unterseits bläulich graufilzig und sammetartig anzufühlen, mit ziemlich stark vortretender, gelblicher Nervatur. Nebenblätter halbnierenförmig, bald abfallend. Junge Zweige dick, flaumig, bald erkahlend und im Frühjahr glänzend braunrot. Kätzchen, wie bei den folgenden, mit 4—7 Schuppenblättchen am Grunde, groß, nächst daphnoides am frühzeitigsten. — Die Saalweide ist über ganz Europa verbreitet und in Mitteleuropa die häufigste Waldweide. Anfangs sehr raschwüchsig, ist sie in 20—25 Jahren ausgewachsen und bildet bei ungestörter Entwicklung bis 7 m hohe Bäume mit besenförmiger, ziemlich dichtbelaubter Krone und glatter, grüngrauer, feinrissiger Rinde, die in höherem Alter hellgraue, breit aufreißende Borke bildet; meist aber bleibt sie ein dickästiger Strauch. Lebensdauer ca. 60 Jahre. Das Holz mit rötlichweißem Splint und schön hellrotem Kern ist von allen Weidenhölzern am heizkräftigsten.

11.* Salix cinérea Linné. Grauweide, Aschweide (syn. acumináta Miller), von der vorstehenden hauptsächlich durch schmälere, oberseits bleibend kurzhaarige, mattgrüne, 5—8 cm lange und 2—3 cm breite Blätter, dicke, noch im 2. Winter dicht sammetfilzige Zweige, halbnierenförmige, an kräftigen Langtrieben ziemlich große und lange bleibende Nebenblätter unterschieden, bewohnt, mehr auf die Ebenen beschränkt, ebenfalls fast ganz Europa, liebt feuchten bis nassen Boden und kommt, immer strauchförmig bleibend, als 2 (bis 6) m hoher, sperriger Großstrauch an Waldrändern, als Lückenbüßer im Niederwald, auf Wiesen, namentlich aber in den Sümpfen und sumpfigen Flußufern der norddeutschen Ebene und der ungarischen Steppe vor.

12. Salix auríta Linné. Ohrweide, Salbeiweide, ist charakterisiert durch ihre kleinen, nur 2—4 cm langen und 1—2 cm breiten Blätter, die oberseits mattgrün und durch das vertiefte Adernetz auffallend runzelig, unterseits etwas bläulichgrün und dünnfilzig sind, mit stark ausgeprägtem Adernetz. Nebenblätter halbherz- oder halbnierenförmig, lange bleibend, an üppigen Langtrieben groß, blattartig gezähnt. Zweige zahlreich, dünn, jung grauflaumig, bis zum Winter fast völlig kahl, rotbraun, etwas glänzend. — Mit Vorliebe auf feuchtem und sumpfigem Moorboden wachsend, im Gebirge hoch emporsteigend, ist dieser im Walde auf geeignetem Boden, namentlich in Jungwüchsen, häufige Strauch von sperrigem, 1½ m Höhe selten überschreitendem Wuchs über den größten Teil Europas verbreitet.

13. Salix grandifólia Seringe. Großblätterige Weide. Diese fast ausschließlich in den Alpenländern heimische Strauchweide (bis 2½ m Höhe), ist an ihrer oberen Grenze (bis 1900 m) die Begleiterin des Knieholzes und der Grünerle, in der tieferen Region eine echte Uferweide. Sie hat große, bis 15 cm lange und bis 5 cm breite Blätter, welche in der oberen Hälfte am breitesten sind, oberseits dunkelgrün, kahl; unterseits graugrün, spärlich behaart, mit sehr stark vortretendem, reichmaschigem, gelb-

lichem Adernetz. Nebenblätter groß, halbherz- bis halbpfeilförmig, fast immer vorhanden. Kätzchen, wie bei der folgenden, mit nur 2—3 Schuppenblättern am Grunde.

14 Salix silesíaca Willdenow, die schlesische Weide, ein mittelgroßer Strauch mit brüchigen Zweigen, vertritt in den Sudeten und Karpathen in Wäldern und insbesondere an Bächen die großblätterige Weide der Alpen. Ihre Blätter, höchstens 9 cm lang, sind breit oder verkehrt eiförmig zugespitzt, und beiderseits fast gleichfarbig. Nebenblätter wie bei voriger.

H. Schwarz werdende Weiden. Blätter ziemlich breit, nach dem Trocknen scwarz werdend.

15. Salix nígricans Smith, Schwarzweide. Diese äußerst formenreiche Weide ist über ganz Europa, in der Ebene wie im Gebirg, inselartig verbreitet, fehlt vielen Gegenden gänzlich (z. B. nordwestliches Deutschland, Schwarzwald und Vogesen), während sie in anderen häufig ist (Ostpreußen, nördliche Karpathenländer und Alpen, wo sie als Begleiterin der Flüsse in die Moore des Vorlands hinabsteigt). Blätter breitherzförmig bis lanzettlich, wellenförmig gesägt, oberseits meist kahl, dunkelgrün mit eingesenkter Nervatur, unterseits kahl mit nicht vortretender Nervatur, blaugrün mit grüner Spitze, die jüngeren nebst den Zweigen kurz weichhaarig. Wuchs meist strauchig, ½—2 m, selten (nur großblätterige Formen) baumartig. Ruten ziemlich zahlreich, dünn, sehr lang und sehr zäh.

Von den zahllosen Weidenbastarden kommen die häufigen Mischformen von Weiß- und Bruchweide, sowie die Bastarde von Weiß- und Mandelweide, von Bruch- und Lorbeerweide, von Bruch- und Mandelweide, sowie die Bastarde der Salweide und andere als Kulturweiden nicht in Betracht, während diejenigen der Korb- und Mandelweide, sowie der Korb- und Purpurweide zum Teil kultiviert werden, insbesondere gehört nach Hempel und Wilhelm die raschwüchsige und ausdauernde Bastardweide Salix rubra (purpurea × viminalis) zu den Kulturweiden ersten Ranges, von allen Weidenarten durch die gleichmäßigsten Ruten ausgezeichnet, die außerdem sehr lang, aber dünner als bei der Korbweide, so schlank wie bei der Purpurweide, zähbiegsam, fest, dünnrindig und leicht schälbar sind.

### Die Pappeln (Populus), (franz. Peuplier).

§ 76. Kätzchenschuppen handförmig gezähnt oder zerschlitzt. Blüte in einem becherförmigen, grünen Diskus ohne Honigabsonderung stehend. Windblütler, vor der Belaubung blühend. Staubgefäße zahlreich (4—30). Blätter langgestielt, mitunter gelappt. Knospen mit mehreren Knospenschuppen; Endknospe vorhanden, meist größer. Mark 5strahlig. — Ca. 18 Arten.

A. Aspen (Sektion Leúce. Junge Triebe und Blätter meist behaart, letztere unterseits oft bleibend filzig. Deckschuppen der Blüten langhaarig. Männliche Blüten mit 4—8 (15) Staubgefäßen. Knospen mit mindestens 6 Schuppen. Langtriebe schlank, rutenförmig, rund.

1.* Pópulus trémula Linné. Zitterpappel, Aspe, Espe. Knospen klein, spitz, glänzend kastanienbraun, mehr oder weniger klebrig. Blätter jung rötlich und etwas behaart, bald kahl, oberseits dunkelgrün, unter-

seits hellgraugrün mit stark vortretendem Adernetz, zweigestaltig, an den kurzen Seitentrieben kreisrund bis eirundlich, unregelmäßig grob und ausgeschweift stumpf gezähnt, ca. 3—7 cm lang und 3—8 cm breit, bei jungen Pflanzen stets größer als bei älteren, mit 3—6 cm langem, dünnem, seitlich zusammengedrücktem Blattstiel, an Gipfel-, Johannis- und Wurzeltrieben rhombisch bis herzeiförmig, zugespitzt, klein gesägt, kurz gestielt, meist bleibend filzig, an kräftigen Lohden bis 19 cm lang und 13 cm breit. Kätzchen groß und dick, hängend, mit karminroten Staubbeuteln bzw. Narben. — Die Aspe wird mit ca. 20—25 Jahren mannbar, an Stockausschlägen noch früher und blüht im März oder April einige Wochen vor dem Laubausbruch. Samenreife im Mai oder Juni. Samenjahre fast alljährlich. Same sehr klein, gelblich, mit weißwolligem Haarschopf am Grunde, durch den Wind überallhin verbreitet. Keimfähigkeit gering. Die Keimung erfolgt in 8—10 Tagen nach dem Abfall mit zwei sehr kleinen, fleischigen, herzeiförmigen Kotyledonen. Die Samen verlieren ihre Keimfähigkeit sehr schnell. — Im 1. Jahr ist der Höhenwuchs gering, steigt dann sehr rasch an, bis über 1 m pro Jahr betragend, erreicht mit dem 30.—40. Jahre seinen Gipfelpunkt und nach etwa zwei weiteren Jahrzehnten seinen Abschluß. In dieser Zeit kann die Aspe im Südwesten Mitteleuropas 10—20 m hohe und ½ m starke, im Nord- und Südost dagegen bis 35 m hohe und 1 m starke Stämme bilden. Das Alter überschreitet bei aus Samen erwachsenen Pflanzen selten 100 Jahre, bei den aus Wurzelbrut hervorgegangenen ist die Lebensdauer noch viel kürzer. Der Stamm reinigt sich auch im Freistand bis hoch hinauf von Aesten. Die lichte Krone entwickelt frühzeitig zahlreiche Kurztriebe, an welchen die ungemein beweglichen Blätter gebüschelt sitzen. Die gelblichgraue Rinde bleibt lange glatt, reißt dann in der für alle Pappeln charakteristischen Weise mit rhombischen Pusteln auf, die sich vergrößern und seitlich zusammenfließen und schließlich eine längsrissige, graue Borke bilden. Das Holz, von allen weidenartigen Laubhölzern durch den Mangel eines gefärbten Kernes ausgezeichnet, ist schmutzigweiß, von gleichmäßiger Struktur, langfaserig, ziemlich glänzend, leicht (ca. 0,51), sehr weich, leicht- und schönspaltig, mittelbiegsam, wenig fest, trocken ziemlich dauerhaft, im Freien von geringer Dauer, mäßig schwindend (0,5 %) und von sehr geringer Brennkraft. Es gehört, wie das aller Pappeln, zu den zerstreutporigen Weichhölzern, deren Markstrahlen mit unbewaffnetem Auge nicht oder kaum zu erkennen sind. Die Bewurzelung ist flach und weit ausstreichend, das Ausschlagvermögen vom Stock aus gering, dagegen die Fähigkeit, Wurzelbrut zu treiben, die übrigens allen Pappeln zukommt, hier besonders groß und andauernd. Künstliche Anpflanzung leider fast nur durch Wurzelschößlinge, weil Stecklinge fast immer versagen. Nur zu häufig läßt aber das weitere Wachstum der anfangs sich rasch entwickelnden Schößlinge vorzeitig nach, weil der Keim der Fäulnis bereits in der Wurzel steckt. Aus Saat



Abb. 73.
Zitterpappel. Links oben männliche Blüte mit ihrer Deckschuppe. Rechts weibliche Blüte mit herabgeschlagener Deckschuppe, links unten desgleichen nach Entfernung der Deckschuppe. — Vergr. 5. (aus Hempel und Wilhelm).

erzogene Pflanzen werden stärker, geradschaftiger und älter, was namentlich mit Rücksicht auf den großen Bedarf der Zündholzindustrie an Aspenholz wohl zu berücksichtigen sein dürfte. — Das Verbreitungsgebiet der Aspe, die von allen Pappeln noch am meisten den Charakter eines eigentlichen Waldbaumes besitzt, umfaßt beinahe ganz Europa mit Ausnahme des äußersten Südens und Nordens (bis 71 °), Nordafrika, die Kaukasusländer, Sibirien und Japan. Ihre vollkommenste Entwicklung erreicht sie als Baum der Ebene im östlichen und nordöstlichen Europa (Galizien, Posen, Ostseeländer, Rußland), wo sie teils rein, teils in Mischung mit Erlen und Birken geschlossene Bestände von großer Schönheit bildet. In den deutschen Mittelgebirgen, den Alpen, sowie in Süd- und Westeuropa steigt sie ziemlich hoch im Gebirge empor. — Die Aspe ist, namentlich auf geringen Böden, eine ausgesprochene Lichtholzart, in ihren Standortsansprüchen bescheiden und sehr anpassungsfähig, verlangt aber zu vollkommenem Gedeihen kräftigen Waldboden und mäßig warmes, luftfeuchtes Klima; heiße trockene Sandböden sowie schwere Ton- und Moorböden sagen ihr nicht zu.

2.* Pópulus álba Linné. Silberpappel. Knospen spitz, dicker wie bei voriger, wie die jungen Triebe nicht klebrig, anfangs weißfilzig, später ziemlich kahl und braun. Blätter an den Kurztrieben und im unteren Teil der Langtriebe ca. 4—7 cm lang und 3—4 cm breit, eiförmig, unregelmäßig stumpf gezähnt, oberseits dunkelgrün, unterseits weißlich, an der Spitze der Langtriebe bis über 10 cm lang und breit, handförmig gelappt, unterseits undurchsichtig weißfilzig. Narben der weiblichen Blüten gelblichgrün. Sonst ähnlich wie vorige. Die Silberpappel wird noch früher mannbar als die Aspe, ist schon im 1. Jahre raschwüchsiger (10—20 [50] cm) und kann schon mit 30—40 Jahren, in welchem Alter der Höhenwuchs im wesentlichen abgeschlossen ist, bis 30 m hohe und bis 1 m starke Bäume mit anfangs eikegelförmiger, später breiter, oft gelappter, lockerästiger, dichtbelaubter Krone mit zahlreichen Kurztrieben bilden. Trotz dieser Raschwüchsigkeit kann die Silberpappel 300—400 Jahre alt und außerordentlich stark werden (über 4½ m Durchmesser!). Die geschlossene Rinde ist mehr weißgrau, das Holz hat einen zuerst gelben, dann braunen Kern und breiten Splint, in seinen technischen Eigenschaften ist es dem Aspenholz ähnlich, aber gröber. Bewurzelung weit ausstreichend, aber gleichzeitig auch in die Tiefe entwickelt. Reproduktionsvermögen und Vermehrung wie bei der Aspe. Das natürliche Verbreitungsgebiet der Silberpappel umfaßt die südliche Hälfte Europas und den Orient. Meist an die Flußläufe gebunden, ist sie am häufigsten und zugleich am schönsten entwickelt auf den Auen der Donauländer, einen hervorragenden Bestandteil der dortigen Auenwälder bildend; auch am Oberrhein ist sie nicht selten, sonst in Mittel- und Norddeutschland und weiter nach Norden durch Anbau verbreitet und auf passenden Standorten bis zum 67° in Norwegen gedeihend. Im Gebirge steigt sie nicht weit empor. Die Standortsansprüche sind größer als bei der Aspe; Auenboden sagt ihr am meisten zu, selbst auf bruchigem Boden kommt sie noch fort, falls derselbe genügend Sand enthält, dagegen verkrüppelt sie auf mageren oder trockenen Böden.





Abb. 74. Silberpappel. Oben weibliche, unten männliche Blüte mit ihrer Deckschuppe. — Vergr. 5 (aus Hempel und Wilhelm).

3.* Populus canéscens Smith. Graupappel, ein Bastard alba × tremula, obwohl sie immer keimfähigen Samen hervorbringt. Findet sich vereinzelt im natürlichen Verbreitungsgebiet der Silberpappel, besonders auf der badischen und elsässer Rheinfläche und in den Donauländern und stellt dieselben Ansprüche an Boden und Klima wie die Silberpappel. Die Blätter gleichen denen der Kurztriebe der Silberpappel, tragen aber, erwachsen, nur auf der Unterseite einen dünnen Haarfilz und sind nach Gestalt wie Behaarung ziemlich veränderlich. Bei der Form denudáta werden die Blätter zuletzt unterseits völlig kahl; bei der Form Bachofénii sind die Blätter am unteren Teil der Zweige kahl, am Zweigende unterseits weißfilzig. Mit 40 Jahren pflegt der Höhenwuchs (bis ca. 20 m) erschöpft zu sein und schon mit 80—100 Jahren werden die bis 50 cm Stärke erreichenden Stämme kernfaul.

B. Schwarzpappeln (Sektion Aegírus). Knospen groß, mit bloß zwei großen, zusammengerollten Schuppen, nebst den jungen Zweigen immer kahl und klebrig. Blattstiele seitlich zusammengedrückt, Blätter kahl, unterseits grün, mit durchscheinendem Rand. Deckschuppen kahl. Männliche Blüten meist mehr als 15 Staubgefäße. Langtriebe rutenförmig, aber dicker, knotiger, kantig.

4.* Populus nígra L. Schwarzpappel. Blätter rundlich dreieckig oder rhombisch, am Grunde fast stets keilförmig, nach oben lang zugespitzt, am Rande knorpelig gesägt, meist 5—7 cm lang und 3—6 cm breit, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits mattgrün, mit beiderseits scharf vortretenden, gelblichen Rippen. Junge Zweige fahlgelb. Männliche Kätzchen dickwalzig, mit roten Staubbeuteln, weibliche schlanker, mit zwei gelben, tief ausgerandeten, aufgerichteten Narben auf jedem Fruchtknoten. Blütezeit im März oder April. Belaubung im April oder Mai. Samenreife im Juni. — Die Schwarzpappel wächst rasch, aber doch etwas langsamer als die anderen Pappelarten und bildet auf guten Standorten in 40 bis 50 Jahren geradstämmige, 20—25 m hohe Bäume mit umfangreicher, im Alter breit abgewölbter, lockerer Krone. Auch sie erreicht ein mehrhundertjähriges Alter, 27—30 m Höhe und über 2 m Durchmesser. Bewurzelung vorwiegend seicht und weit ausgreifend, doch bildet sie häufig auch einige tief in den Boden dringende Wurzeln. Der Stamm zeigt Neigung zur Bildung von „Maserkröpfen“, aus denen, wie aus dem Stock, sehr reichlicher Ausschlag erfolgt, während die Neigung zur Wurzelbrutbildung verhältnismäßig gering ist. Vermehrung am besten durch Stecklinge (und Setzstangen). Das im Kern hellbräunliche Holz ist ziemlich grob, sehr leicht (0,45) und stimmt in seinen Eigenschaften mit dem der Silberpappel im wesentlichen überein. Das Pappelholz ist für Obstversandkistchen besonders geeignet, weil es den Früchten keinen Holzgeruch mitteilt. Die grauweiße Rinde bildet am Stamm und den stärkeren Aesten



Abb. 75.
Schwarzpappel. Oben Deckschuppe einer männlichen Blüte. Rechts eine männliche Blüte mit ihrer Deckschuppe von der Seite. Links weibliche Blüte mit ihrer Deckschuppe, daneben Staubgefäße mit aufgesprungenen Staubbeuteln. — Vergr. 5 (aus Hempel und Wilhelm).

eine hochhinaufreichende, dicke, tieflängsrissige, bräunliche oder schwärzliche Borke. — Das Verbreitungsgebiet umfaßt beinahe ganz Europa (bis zum 61°), doch dürfte der Baum wahrscheinlich nur in der südlichen Hälfte einheimisch sein. Meist außerhalb des Waldes vorkommend, ist sie doch nach der Aspe die häufigste Pappelart im Walde und ist am schönsten längs der Wasserläufe in der Ebene, in Ufergehölzen und Auwäldern entwickelt, paßt sich aber auch als anspruchslose Holzart jedem Boden und Klima an.

*. Populus itálica Duroi (pyramidális Rozier), die Pyramidenpappel oder italienische Pappel, ist nur eine Varietät der Schwarzpappel, von welcher sie sich durch die in sehr spitzem Winkel aufstrebenden, zahlreichen Aeste und den dadurch bedingten, beinahe säulenförmigen Wuchs und den mit sehr starken, brettartig vorspringenden Wurzelanläufen versehenen, spannrückigen, abholzigen, stets etwas nach links gedrehten Stamm unterscheidet. Die alten Bäume sind fast ausnahmslos männlich, die weiblichen, außerordentlich seltenen Bäume zeigen eine breitere Krone und unter größerem Winkel ablaufende Aeste als die männlichen. Seit einiger Zeit werden von den Baumschulen auch weibliche Pyramidenpappeln angeboten und sind somit jüngere, weibliche Bäume jetzt häufiger zu finden. In Deutschland zuerst etwa 1740 in Wörlitz angepflanzt als Steckling von einem in Italien gewachsenen Baum. Sämtliche älteren Pyramidenpappeln sind Stecklinge von dem Wörlitzer Baum. Früher beliebter Alleebaum, wegen der Aussaugung der angrenzenden Felder neuerdings vielfach beseitigt. Das in Deutschland, besonders in Flußtälern usw. vielfach beobachtete Absterben der Pyramidenpappel, fälschlich auf Degeneration infolge fortgesetzter rein ungeschlechtlicher Vermehrung zurückgeführt, hat wahrscheinlich seine primären Ursachen in starken Frühjahrs-Frostbeschädigungen der im Vorjahr ungenügend ausgereiften Zweige. Südlich der Alpen fehlt die Erkrankung. Dem Discomycet Dothiora sphaeroídes und dem Pyrenomycet Didymosphaéria populína kommt demnach nur sekundäre Bedeutung zu.

5.* Populus canadénsis Moench (monilífera Aiton), die kanadische Pappel, im östlichen Amerika als Begleiterin der Flüsse bis 50 m Höhe erreichend, ist durch ungewöhnliche Raschwüchsigkeit ausgezeichnet und schon lange als Park- und Alleebaum in Europa eingeführt. Für letzteren Zweck eignet sie sich wegen ihres sehr dem Windbruch ausgesetzten Holzes schlecht; durch Stürme werden dicke Aeste oft in großer Zahl glatt abgebrochen und dadurch der Straßenverkehr erheblich gefährdet. Ascherson und Gräbner behandeln P.canadensis und monilifera als zwei selbständige Arten. Da aber die Amerikaner selbst sie zumeist zu einer Art vereinigen wegen zahlreicher Zwischenformen (die vielleicht Bastarde sind) und da bei uns bis vor kurzem von canadensis fast ausschließlich die weibliche, von monilifera (= virginiána) die männliche Pflanze in Gärten usw. kultiviert wurde, ist auch bei uns die Bildung solcher sehr begreiflich und ebenso ihre Verbreitung im Walde. Bei dieser Sachlage halte ich es für die forstliche Praxis für ganz unmöglich, die einander ohnehin sehr nahe stehenden Arten mit Erfolg auseinander zu halten. — Die kanadische Pappel unterscheidet sich von der Schwarzpappel durch größere, an der Spitze häufig stark nach außen gebogene, braune Knospen, durch größere, in der Form sehr variierende Blätter (6—12 cm lang, 5 bis 10 cm breit), welche meist fast dreieckig, an der Basis gerade abgeschnitten und am Rande zuweilen anliegend behaart sind, durch die von Korkrippen etwas kantigen Langtriebe und die in der Zahl 3—4 vorhandenen, zurückgerollten Narben. Die Rinde bildet frühzeitig eine etwas

regelmäßiger längsfurchige, graue Borke. Der Stamm ist gleichmäßiger und vollkommener gerundet, das Holz ist äußerst leichtspaltig und stimmt sonst mit dem Schwarzpappelholz überein. Sie erreicht bei uns nach Hartig in 12 Jahren auf gutem Boden 14—16 m Höhe, in 40 Jahren bis 22 m, nach Hausrath auf Auwaldboden bei Karlsruhe in 31 Jahren gar 31 m und 54 cm Durchmesser bei sehr geradem, hoch hinauf astreinem Stamm, gedeiht am besten auf frischem bis feuchtem, fruchtbarem Boden, kommt aber mit entsprechend geringeren Leistungen auch auf ärmeren und trockneren Standorten fort. Seit 1772 in Europa eingeführt und nicht selten, namentlich in neuerer Zeit, forstlich angebaut. — Durch lange Zeit hindurch fortgesetzte Stecklingsauslese, derart, daß von einer größeren Anzahl von Bäumen immer nur die allerwüchsigsten zur ungeschlechtlichen Vermehrung benutzt wurden, läßt sich die Wuchsleistung rasch weiter steigern. Der französische Pappelzüchter Sarcé hat nach Fankhauser (Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1904 S. 103 ff.) in seinen ausgedehnten Baumschulen in Pontravallain „Eucalyptus"-Pappeln von märchenhaften Wuchsleistungen. So sollen dort die Pappeln einer Allee eine durchschnittliche Höhe von 32 m und einen Brustumfang von 180 cm in nur 19 Jahren erreicht haben!

6. Pópulus serótina Hartig. Späte Pappel, wahrscheinlich ein Bastard monilifera × angulata, und durch fadenförmig zerschlitzte Kätzchenschuppen und späteren Laubausbruch von allen anderen Pappeln verschieden. Ebenfalls sehr raschwüchsig, bei uns früher hauptsächlich nur in Braunschweig angepflanzt, ist sie neuerdings für forstlichen Anbau wieder empfohlen worden.

## 2. Kätzchenlose Laubhölzer.

§ 77. Ulmenartige Laubhölzer (Familie Ulmaceae). Blüten eingeschlechtig oder zwitterig, mit 4—8spaltigem, kelchartigem Perigon und ebensoviel Staubgefäßen wie Perigonzipfel. Fruchtknoten einfächerig, mit einer Samenknospe. Windblütler. Holzpflanzen mit abfallenden, zungenförmigen Nebenblättern.

### Ulme. Ulmus (franz. Orme.)

Blüten in von Knospenschuppen umgebenen Knäueln, aus Achselknospen vorjähriger Blätter, lange vor dem Laubausbruch aufblühend. Frucht ein ringsum häutig geflügeltes Nüßchen. Blätter vom Grund an fiedernervig, unsymmetrisch, die der Zweigspitze zugekehrte Hälfte größer, streng 2 teilig angeordnet. Winterknospen mit zahlreichen Schuppen; Endknospe fehlt; Seitenknospen schief über scharf vortretenden, 3 derbe Gefäßbündelspuren tragenden Blattnarben. Blütenknospen dick kugelig.

1.* Ulmus campéstris Spach (syn. U. glábra Miller). Feldulme, Gemeine Ulme, Rotulme, Rusche. Knospen klein, spitzeiförmig, mit dunkelbraunen Schuppen, kahl oder kurz weißlich behaart. Junge Zweige dünn, glänzend rostgelb bis rotbraun, glatt. Blätter lanzettlich bis breit herzförmig, gespitzt, mit sehr ungleichem Grunde, ca. 6— 10 cm lang, in Form und Größe sehr variabel, an Kurztrieben stets kleiner wie an Langtrieben, meist länger gestielt, ausgewachsen sehr derb, oft fast lederartig, oberseits dunkelgrün, meist lebhaft glänzend, unterseits matt hellgrün, mit dem größten Durchmesser in der Mitte, meist kahl, seltener, bei Strauch-

formen in der Regel, kurz rauhaarig, meist nur unterseits in den Nervenwinkeln gebartet, einfach bis doppelt gekerbt-gesägt. Blüten sehr kurz gestielt; Staubgefäße meist 4—5, 2—3mal so lang als das Perigon, mit karminroten Staubbeuteln. Frucht meist verkehrt eiförmig, 1—2½ cm lang, Nüßchen rötlich, meist dem Vorderrand des kahlrandigen Flügels genähert und bis zum Rande der Einkerbung reichend. — Die Mannbarkeit tritt auch im Freistand nicht leicht vor dem 30.—40. Jahre ein, reichliche Samenjahre meist jedes 2. Jahr. Blütezeit März oder April. Samenreife Ende Mai, oder im Juni. Keimfähigkeit gewöhnlich nur 20—40%; bis zum nächsten Frühjahr haben die meisten Samen ihre Keimkraft eingebüßt und die Keimung erfolgt dann spät oder die Samen liegen über; gleich nach der Reife gesät, keimen die Samen in 3—4 Wochen, mit zwei dicken, fleischigen, verkehrteiförmigen, am Grunde pfeilförmigen, kleinen Keimblättchen (denen von Carpinus ähnlich); das erste Laubblattpaar ist gegenständig, grob gesägt, noch nicht unsymmetrisch. Im 1. Jahre wird das Pflänzchen 20 cm und darüber hoch. Der Jugendwuchs ist rasch, dem der Eiche ähnlich, in den ersten 5 Jahren durchschnittlich je 30—50 cm. Der größte Höhen- und Stärkewuchs liegt zwischen dem 20. und 40. Jahre. Im 50.—60. Jahre ist der Höhenwuchs im wesentlichen erschöpft und die Krone wölbt sich ab. Im Schlusse kann der geradschaftige Baum bis 30 und 33 m Höhe und beträchtliche Stärke erreichen, im Freistand löst er sich 6—8 m und weniger über dem Boden in eine sehr breite, reichastige, locker belaubte Krone auf, deren ältere Langtriebe auffällig 2zeilig verzweigt und flach ausgebreitet sind. Der Stamm der Feldulme ist meist etwas abholzig, mehr oder weniger reich mit kleinen (gelegentlich auch großen), kleine Zweiglein tragenden Maserkröpfen besetzt und trägt am Boden einige brettartig vorspringende, starke Wurzelanläufe, wie die Pyramidenpappel. Das Alter kann mehrere Jahrhunderte erreichen. Die älteste deutsche Ulme dürfte die „Schimsheimer Effe" in der Rheinpfalz sein, die in Brusthöhe 11 m 73 Umfang besitzt und deren Alter auf 450—600 Jahre geschätzt wird. In der Jugend hat der Baum eine tiefgehende Pfahlwurzel, die aber namentlich auf Aueboden bald verschwindet, so daß vom 6.—10. Jahre von einem starken Wurzelstock einige kräftige „Herzwurzeln" in die Tiefe gehen und zahlreiche Seitenwurzeln flach unter der Erdoberfläche streichen. Das Ausschlagvermögen aus dem Stock wie aus dem Stamm ist sehr bedeutend und ebenso die Neigung zur Bildung von Wurzelbrut, durch welche sie sich in Auewaldungen vornehmlich erhält. Die an dickwandigen Bastfaserbündeln reiche Rinde, anfänglich glatt und bräunlichgrau, reißt im Stangenholzalter auf und bildet eine, später in auffällig rechteckige Stücke zerklüftete, an alten Bäumen vorwiegend tief

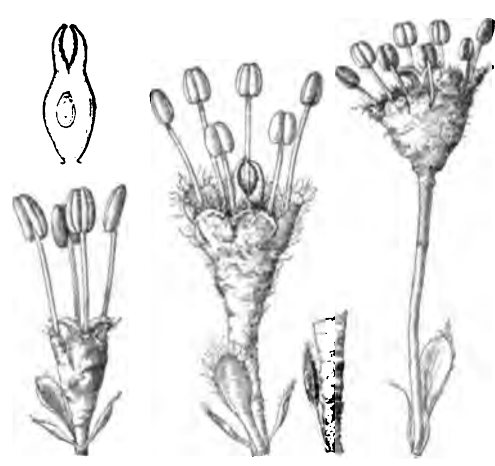


Abb. 76.
Ulmenblüten mit Deck- und Vorblättern. Links Feldulme, in der Mitte Bergulme, rechts Flatterulme. Links oben Fruchtknoten der Bergulme im Längsschnitt, mit der Samenanlage; rechts unten unterster Teil der Bergulmen-Blüte, von dem sich die Frucht abgliedert. — Vergr. 5 (aus Hempel und Wilhelm).

längsrissige, dunkelgraugelbe, der Stieleiche ähnliche Borke. Bei der Var. suberósa bildet die Rinde an einzelnen Zweigen und schwächeren Aesten leistenförmige Korkflügel, die nach einigen Jahren abgestoßen werden. Das ringporige Holz besitzt einen lebhaft schokoladebraunen Kern und gelblichen, schmalen Splint und läßt auf dem Querschnitt die Markstrahlen mit bloßem Auge nicht erkennen, dagegen verlaufen im Spätholz zahlreiche, feine, unterbrochene Wellenlinien, welche aus einfachen Reihen enger Gefäße bestehen. Das wertvolle Holz ist grobfaserig, elastisch, zähbiegsam, sehr fest, schwer (0,74), sehr zähe, sehr schwerspaltig, ziemlich hart, von außerordentlicher Dauer und sehr brennkräftig.

Das Verbreitungsgebiet der Feldulme umfaßt in Europa, wo ihr Optimum südlich der Alpen liegt, die milderen Gegenden bis zum südlichen Schweden und Norwegen. Sie ist ein Baum der Ebenen und Flußtäler, wo sie eingesprengt, horstweise, oder auch als herrschende Holzart (z. B. in den Auenwäldern der Elbe) vorkommt, im Gebirge, wenigstens in Mittel- und Süddeutschland, kaum über 400—500 m emporsteigend. In bezug auf Boden und Klima gehört die Feldulme zu den anspruchsvollsten aller unserer Waldbäume und verlangt zu vollkommener Entwicklung sehr mineralkräftige, tiefgründige, lockere und frische Böden und verträgt beinahe soviel Nässe wie die Esche; Bruchboden sagt ihr nicht zu. Ebenso gehört sie zu den wärmebedürftigen Holzarten, ist aber, der Schwarzerle ähnlich, ein nur in mäßigem Grade lichtbedürftiger Waldbaum.

2. Ulmus montána Withering (syn. U. campéstris Linnés Herbar.; scábra Miller). Bergulme, Haselulme, Weißulme oder -rüster, von der Feldulme durch folgende Merkmale zu unterscheiden: Laubknospen größer und voller, dunkelbraun, auf dem Rücken rostbraun behaart. Blätter ebenfalls sehr vielgestaltig, kürzer gestielt, größer, 8—16 cm lang, dünn, länger zugespitzt, scharf doppelt gesägt, die endständigen (größten) der Zweige oft 3zipfelig, über der Mitte am breitesten, dunkler grün, oberseits nur wenig glänzend, beiderseits durch kurze, steife Behaarung rauh. Bei jungen, in starker Beschattung erwachsenen Bäumen sind diese Unterschiede am auffälligsten; nicht selten sind hier die Blätter am keilförmigen Grund kaum ungleich und hier wie namentlich an Ausschlaglohden erinnern die breiten Blätter oft an die Hasel. Blüten kurz gestielt (bis 1 mm), größer als bei der Feldulme, (Abb. 76 Mitte); Staubgefäße 5—6, ungefähr doppelt so lang als das Perigon, mit violetten Staubbeuteln. Die kahlen, größeren (bis 3 cm) Früchte sind meist oval und tragen das grünliche Nüßchen meist in der Mitte des Flügels, den Rand der oberen Einkerbung lange nicht erreichend. Korkleistenbildung an jüngeren Zweigen tritt nur sehr selten auf. Das Holz hat einen blaßbraunen Kern und unterscheidet sich anatomisch dadurch vom Feldulmenholz, daß die engen Gefäße des Spätholzes in zusammenhängenden, wellenförmigen, breiteren Linien auftreten. Seine Güte ist wesentlich geringer. — Das europäische Verbreitungsgebiet der Bergulme, die in Deutschland zwar nur eingesprengt oder horstweise auftritt, aber weitaus die verbreitetste Ulme ist, umfaßt die nördliche Hälfte Europas bis zu den südlichen Alpen und Karpathen. Die Bodenansprüche sind nahezu die gleichen wie bei der Feldulme, doch geht sie höher im Gebirge empor.

3. Ulmus effúsa Willdenow. Flatterulme, Effe, Iffe, Bastrüster. Knospen spitz, schlank, zimmetbraun, kahl, durch dunkle

Berandung ihrer Schuppen gescheckt. Junge Zweige dünn, hellbraun, meist glatt und glänzend, an Stockausschlägen aber behaart, stets ohne Korkflügel. Blätter dünn, oberseits kahl oder etwas rauh, unterseits gleichmäßig weich behaart, hinsichtlich der Größe zwischen beiden vorstehenden Arten, in der Mitte am breitesten, am Grunde sehr unsymmetrisch, lang zugespitzt, scharf doppelt gesägt, Hauptzähne nach vorn gekrümmt. Blüten lang gestielt (bis 17 mm), in flatterigen Büscheln, ca. 14 Tage früher aufblühend. Früchte an 3—4 cm langen Stielen hängend, kleiner als bei vorigen (bis 1 ½ cm), mit zentral gelagertem Nüßchen und deutlich gewimpertem Flügelrand. Bewurzelung oft mit mächtigen Wurzelanläufen. Der Stockausschlag ist reichlich; die Neigung zu Wurzelbrut scheint verschieden, im allgemeinen aber bedeutend zu sein. Die Rinde bildet eine nur mäßig dicke, längsrissige, graubraune, fortwährend in flachen, gekrümmten Schuppen abblätternde Borke. Das Holz hat breiten Splint, schwach lichtbraunen Kern, spez. Gewicht 0,66 und steht in seinen technischen Eigenschaften den beiden anderen Arten erheblich nach, bildet aber häufig sehr schöne Maserungen. Je heller der Kern, desto geringwertiger pflegt das Ulmenholz überhaupt zu sein und umgekehrt. Anatomisch ist es durch feine, aber deutliche Markstrahlen und durch fast ununterbrochene, wellenförmige Bänder von engen Gefäßen im Spätholz ausgezeichnet und infolgedessen lockerer. Die Flatterulme ist ein Baum Mitteleuropas, fast ausschließlich auf die Ebene beschränkt, findet sie sich, im allgemeinen nirgends häufig, an ähnlichen Standorten wie die Feldulme, ist aber in ihren Bodenansprüchen etwas bescheidener.

§ 78. Celtis austrális Linné. Gemeiner Zürgelbaum (franz. Micocoulier). Knospen gerade über den Blattnarben. Blätter 2zeilig, 5—20 cm lang, schief-eilanzettlich, lang zugespitzt, unterseits kurzhaarig, am Rande einfach gesägt, am Grunde handnervig, indem vom keilförmigen Grunde neben der Mittelrippe je ein kräftiger Seitennerv bis gegen die Mitte des Randes läuft. Blüten lang gestielt, einzeln (oder zu 2—3) in der Achsel diesjähriger Laubblätter. Frucht eine ca. 1 cm große, anfangs orangegelbe, später braunviolette, kugelige Steinfrucht mit spärlichem, genießbarem Fleisch. — Der gemeine Zürgelbaum ist eine südeuropäische Holzart, welche in den südlichen Alpenländern, in Italien, Kroatien und Südungarn die Nordgrenze ihrer Verbreitung findet, mit Ausnahme Südungarns hier meist nur vereinzelt in sonnigen Lagen auftritt und langsam sich entwickelnd in 150—200 Jahren 15—20 m hohe Bäume mit großer, rundlicher Krone bildet und ein vielhundertjähriges Alter erreichen kann. Sein Holz, im Splint gelblich, im Kern grau, atlasglänzend, von der Struktur der Ulmenhölzer, aber mit deutlichen Markstrahlen, ist ein vorzügliches Werkholz vom Gewicht 0,75 bis 0,82, das an Zähigkeit alle europäischen Holzarten übertrifft.

§ 79.* Víscum álbum Linné. Gemeine Mistel (franz. Gui) aus der Familie der Loranthaceae. Immergrüner, 2 häusiger, sehr ästiger, rundlicher Busch mit glatter oder querrunzeliger, gelbgrüner Rinde ohne Korkbildung, mit gegenständigen, lederigen, länglichen, abgerundeten, dunkel- oder gelblichgrünen Blättern an den Enden der Gabeläste. Blütezeit vom Februar bis April. Die weißen oder gelblichen Beeren mit sehr klebrigem Fleische reifen im Dezember und werden durch Vögel (Misteldrossel, Amsel

und Krammetsvogel) verbreitet: ein Teil der Samen bleibt mit dem fadenziehenden Fleisch den Vögeln am Schnabel hängen und wird an Zweigen und Aesten abgewetzt, ein Teil wird mit dem Gewölle ausgespien, ein Teil nach dem Passieren des Verdauungskanals entleert. Die Keimung der Samen erfolgt aber erst im Frühjahr (Keimverzug). Die Keimpflanzen können bis ins dritte Jahr lebendig bleiben, auch wenn sie nicht in einen lebenden Nährast eingedrungen sind, was für die Beurteilung von jungen Mistelinfektionen, namentlich an „neuen“ Nährbäumen, wohl zu berück-



Abb. 77.
Wilder Apfelbaum auf dem Hohentwiel, einen ganzen Bestand von Mistelbüschen tragend. — L. Klein 30. 9. 1904 phot.

sichtigen ist. In der weißen Beerenfarbe sieht v. Tubeuf ein Schutzmittel gegen zu starke Erwärmung an sonnigen Wintertagen und damit zur Verhinderung vorzeitigen Keimens. Bei strenger Kälte gefrieren die Beeren zu steinharten Kugeln. Die Keimwurzel der an der Rinde der Nährbäume angeklebten Samen bildet auf der Rinde zunächst eine flache Haftscheibe, aus deren Mitte eine kegelförmige Saugwurzel hervortritt und die Rinde bis zum Holzkörper radial durchwächst,

ohne in ihn einzudringen. Aus der Basis dieses ersten „Senkers" entspringen einige flach in den jüngsten Rindenschichten außerhalb des Kambiums weiterwachsende und seitlich mit den Rindenzellen fest verwachsende Seitenwurzeln, die „Rindenwurzeln", welche sich alljährlich wenig verlängern (bei der Kiefer im Durchschnitt 0,75, bei der Tanne 1,7 cm) und alljährlich einen bis höchstens zwei, oft nur alle 2 Jahre einen neuen Senker bilden, so daß die Senker in Längsreihen zu stehen kommen. Die Spitze der Senker geht in Dauergewebe über, wenn sie an der Grenze des Holzkörpers angelangt ist und gelangt in das Holz, indem sie vom nächsten Jahresring umwachsen wird. In der Region des jeweiligen Kambiums dagegen bleiben die Senker wachstumsfähig und verlängern sich so alljährlich, genau wie ein Markstrahl, um die Dicke eines Jahresringes und das Ende der Senker kommt alljährlich um einen Jahresring weiter (unter günstigen Umständen bis 40 und mehr) in das Holz hinein. Die Senker nehmen mit ihren Seitenflächen, soweit sie im wasserleitenden Holze stecken, Wasser auf und sterben an den Enden erst ab, wenn sie ins Kernholz kommen, wo sie radial verlaufende Löcher hinterlassen. Später werden die Tragäste krebsartig verunstaltet, weil endlich auch die Basis der alten, breiten, dicht beisammenstehenden Senker in Dauergewebe übergeht und so ein weiteres Dickenwachstum der Aeste an den Ansatzstellen der Büsche verhindert. An den Rindenwurzeln, die von der Basis des Busches aus nach dessen Absterben auch allmählich absterben, entspringen als echte Wurzelbrut zahlreiche Adventivknospen, welche neue Büsche (vielfach einen ganzen Bestand) erzeugen. Das Abschneiden der Mistelbüsche ist nur dann von Erfolg, wenn die Aeste so weit entfernt werden, als die Rindenwurzeln reichen. — v. Tubeuf[1]), der beste Kenner der Mistel, unterscheidet mit Recht drei nach Nährpflanzen scharf geschiedene Rassen, die nur auf diesen Nährpflanzen gedeihen: 1. die Weißtannenmistel, 2. die Kiefernmistel, sehr selten auch auf der Fichte und 3. die Laubholzmistel, die am häufigsten auf Apfelbaum, Pappel, Weide, Birke, Linde und Ahorn, äußerst selten auf der Eiche, Buche, Esche und (?) Ulme vorkommt. — Die Mistelbeeren liefern den besten Vogelleim („Turdus sibi ipse malum cacat"!). Die grünen Zweige werden als Wildfutter im Winter gern angenommen, in manchen Gegenden auch an Rindvieh und Schafe verfüttert.

Loránthus europaéus Linné. Gemeine Riemenblume, auch „Eichenmistel" genannt, mit dunkler, schwärzlicher Rinde und deutlich gestielten, sommergrünen Blättern, deren Paare auch im mittleren Teile der Gabeläste stehen, ist ein südeuropäischer Schmarotzer der Eiche und Edelkastanie. Ihre Saugwurzeln wachsen nur im jeweils jüngsten Holze ohne Senkerbildung und rufen bis kopfgroße, knollige Verdickungen an den befallenen Aesten hervor. In Deutschland ist sie vereinzelt in Sachsen gefunden worden, während sie in Oesterreich, namentlich in den südöstlichen Staaten, nicht selten ist.

§ 80. Aus der den Ranunculaceen nahestehenden Familie der Magnoliaceen, ausgezeichnet durch die in der Knospe tutenförmig geschlossenen und die Blattanlagen einhüllenden Nebenblätter sind bei uns versuchsweise angebaut:

Magnólia hypoleúca Siebold et Zuccarini. Hónoki, Japanische Magnolie. Blätter oval-eiförmig, sehr groß (15—25 cm lang), unterseits weißlich mit 12—20 Nervenpaaren. Blüten 12—15 cm im Durchmesser, gelblichweiß, mit scharlachroten Staubfäden, mit dem Laubaus-

1) Zahlreiche Aufsätze in der Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft.



bruch aufblühend und schon an 20 jährigen Bäumen erscheinend. Die klimatischen Bedingungen dieses prächtigen, raschwüchsigen, japanischen Baumes entsprechen denjenigen der Stieleiche in Deutschland. Der Wert des vortrefflichen, sehr geradfaserigen, frisch graugrünen, trocken olivengrünen Holzes von sehr schöner Färbung und vom spez. Gewicht 0,55—0,50 liegt in seiner Elastizität; es wird zu Gegenständen, die sich nicht werfen und nicht reißen dürfen, verarbeitet. Im Schluß bildet der Baum einen astreinen, walzigen Schaft und erreicht 30 m Höhe und darüber. Die Samen müssen in der fleischigen Fruchthülle oder im Zapfen belassen und in Holzkohlenpulver in Blechschachteln verpackt werden, wenn sie ihre Keimfähigkeit auf der Reise nach Europa nicht verlieren sollen. Zum Anbau im Walde eignen sich am besten einjährige Sämlinge oder zweijährige, verschulte Pflanzen; ältere Pflanzen leiden erheblich unter dem Verpflanzen und stocken lange mit dem Höhenwuchs. Die ältesten Kulturen in Eberswalde haben 7 m in 11 Jahren erreicht. In ihrer Entwicklung zeigt die Honoki große Aehnlichkeit mit der Eiche, geht wie diese ohne nennenswerte Astbildung gerade und raschwüchsig in die Höhe und eilt den beigemischten Buchen voraus (Schwappach, in D. Dendr. Ges. 1907 S. 126).

Liriodéndron tulipífera Linné. Tulpenbaum. Knospen zusammengedrückt eiförmig, einem dicken Vogelschnabel ähnlich, über rundlichen Blattnarben an glänzend grünlichbraunen Trieben. Blätter langgestielt, bis 10 cm lang und zuweilen noch breiter, 4lappig, an der Spitze mit stumpfwinkeligem Einschnitt abgestutzt, vor dem Laubfall goldgelb. Blüten im Juni und Juli, tulpenähnlich, ca. 6 cm Durchmesser, grünlichgelb, außen orangefarben. — Dieser im östlichen Nordamerika heimische, raschwüchsige Baum erreicht in den südlichen Tälern des Alleghaniegebirgs nach Mayr nicht selten 60 m Höhe und 4 m Durchmesser. Das leichte (0,52—0,62), ziemlich grobfaserige, glänzende, weiche, ziemlich leichtspaltige und biegsame, sehr dauerhafte Holz mit grünlichgelbem bis grünbraunem Kern ist in seiner Heimat als Konstruktionsholz sehr geschätzt. In Europa schon 1663 eingeführt, hat sich der Tulpenbaum in Süd- und Mitteldeutschland als vollständig hart erwiesen, gedeiht auch noch in Norddeutschland, ist in Parks und Anlagen vielfach angepflanzt und schon in über 30 m hohen Exemplaren in älteren Anlagen vorhanden. Der Baum verlangt zu gutem Gedeihen tiefgründigen, frischen Boden und einigermaßen erstarkte Pflanzen dürfen nur in angetriebenem Zustand (Ende April, Anfang Mai) unter besonders sorgfältiger Behandlung der Wurzel verpflanzt werden; leichter glückt die Pflanzung mit Jährlingen und zweijährigen Pflanzen.

§ 82.* Clématis Vitálba Linné, die gemeine Waldrebe aus der Familie der Ranunculaceae, klettert in der südlichen Hälfte Europas an Bäumen und Sträuchern, mit ihren Blattstielen sich festrankend, bis zur Höhe von 5 und 6 m empor und kann durch Ueberlagern junger Holzpflanzen schädlich werden.

*Bérberis vulgáris Linné, der gemeine Sauerdorn oder die Berberitze, aus der Familie der Berberidaceae, bildet dicht bestockte, 1—2½ m hohe Büsche. Die Blätter der rutenförmigen Langtriebe sind zu 3 teiligen Dornen umgewandelt, in deren Achseln die laubblatttragenden Kurztriebe mit endständigen, gelben Blütentrauben stehen. Die Pflanze ist der Zwischenwirt des Getreiderostes; sie findet sich an lichten Wald-

rändern, in Hecken und Gebüschen zerstreut in ganz Europa, besonders häufig aber in den Alpen.

Aus der Familie der Saxifragaceae kommen *Ríbes Grossulária Linné, die Stachelbeere, bis 1 m hohe Büsche bildend, mit 1—3-teiligen Stacheln an den Langtrieben, *Ribes petraéum Wulfen, die stachellose Felsen-Johannisbeere mit später hängenden Blütentrauben und mit Deckblättern, die länger als die Blütenstiele sind, und namentlich *Ribes alpínum Linné, die Alpen-Johannisbeere, gleichfalls stachellos, mit aufrechten Blütenständen und kürzeren Deckblättern, bis 2 m hohe Sträucher bildend, gelegentlich am Waldrand und auch als Unterholz im Walde vor.

§ 83. Aus der Familie der Platanaceae sind zwei schwer zu unterscheidende, variable Arten angeblich häufig als Park- und Straßenbäume bei uns angepflanzt: Plátanus orientális Linné, die orientalische Platane aus Kleinasien und P. occidentális Linné, die amerikanische Platane aus Nordamerika. Nach Köhne (D. Dendr. Ges. 1907 S. 131) ist aber die bei uns allgemein verbreitete Form nur P. acerifólia, deren Herkunft unbekannt ist, die weder im Orient noch in Amerika wild vorkommt und bald für einen Bastard obiger Arten, bald für eine besondere Varietät sowohl von orientalis wie von occidentalis gehalten wird. — Winterknospen von einer kegelförmigen Höhlung des Blattstiels bis zum Laubfall umschlossen. Blätter denen des Bergahorns ähnlich, 12—25 cm lang, einzeln stehend, mit großen, den Zweig oberhalb der Blattbasis tutenförmig umschließenden, bald abfallenden Nebenblättern und fußförmiger Blattnervatur (die Hauptnerven der beiden Seitenlappen entspringen aus den Hauptnerven der mittleren Lappen). P. occidentális hat meist 3 lappige, seltener 5 lappige Blätter, die nicht tief, höchstens bis etwas über die Mitte gelappt sind, Lappen oft am Grunde breiter als ihre Länge, Behaarung unterseits meist in den Aderwinkeln bleibend; *P. acerifólia hat 5-, seltener 3 lappige Blätter, die wie bei voriger nicht tief gelappt, aber unterseits kahl sind, die 3 vorderen Lappen sind an der Basis am breitesten, breiter als lang; P. orientális hat Blätter, die bis weit über die Mitte 5 (bis 7)spaltig sind mit lanzettlichen, oft am Grunde verschmälerten Abschnitten, die mehrmals länger sind als ihre Breite am Grunde. — Die Blattform ändert übrigens derart ab, daß man nicht selten zweifelhaft bleibt. Blüten einhäusig eingeschlechtig, an hängenden Stielen seitenständige Köpfchen bildend, weibliche nach der Befruchtung sich vergrößernd zu ca. 3½ cm großen, verholzten, kugeligen, warzigen Fruchtständen, bei occidentalis meist einzeln, bei acerifolia meist zu 2, mit 1—2 mm dicken Früchtchen, bei orientalis meist zu 3 (bis 4), selten 1 oder 2, mit 4 mm dicken Früchtchen. Die gelblich- oder grünlich-graubraune Rinde verwandelt sich bei acerifolia und orientalis frühzeitig in eine sehr charakteristische Blätterborke, die sich fortwährend in großen, dünnen Blättern abschilfert, so daß der Platanenstamm immer gescheckt erscheint. Das zerstreutporige Holz ist rötlichweiß, die sehr gleichmäßig zerstreuten Gefäße mit bloßem Auge kaum zu erkennen, alle Markstrahlen sehr scharf, breit und nahe beisammenstehend, so daß ⅓—½ der Holzfläche von den Markstrahlen eingenommen wird; als Nutzholz ist es etwa wie das Rotbuchenholz geschätzt, auch wie dieses

„arbeitend", grobfaserig, mittelschwer (0,63), ziemlich hart, äußerst schwerspaltig, sehr zäh, mäßig schwindend, nur im Trockenen von einiger Dauer, von großer Heizkraft. — Der sehr raschwüchsige, geradschaftige Baum hat eine tiefgehende und weitstreichende, kräftige Bewurzelung, wird 20—30 m hoch, mit mächtiger, breit ausladender, starkästiger Krone und reinigt sich ziemlich hoch hinauf von Aesten. Zu seinem Gedeihen verlangt er tiefgründigen, humusreichen, feuchten Boden und geschützte Lagen. Echte orientalis, für unsere Winter sehr empfindlich, ist hie und da angepflanzt, echte occidentalis, in Norddeutschland auch nicht ganz winterhart, sehr selten (ein großer Baum im Park zu Dyk bei Düsseldorf, die Rinde kleinborkig rissig, wie bei einer Eiche). P. acerifolia verdankt seine allgemeine Verbreitung bei uns wahrscheinlich seiner größeren Winterhärte; bei den forstlichen Anbauversuchen hat sie aber nach Schwappach vollständig versagt. Den Schnitt verträgt sie ausgezeichnet und gibt selbst mit niederer, flach schirmförmiger Krone einen vorzüglich schattenden Alleebaum.

§ 84. Die große Familie der Rosaceae hat fast stets regelmäßige, oberständige oder halb oberständige (perigyne) Blüten mit meist 5 Kelch-, 5 Blumenblättern, zahlreichen Staubgefäßen und einem, wenigen oder vielen apokarpen Fruchtknoten. Blätter meist wechselständig mit Nebenblättern. Von den 4 Unterfamilien kommen hier nur die Pomoideae und Prunoideae in Betracht, während die Rosoideae mit den Rosen, Brombeeren und Himbeeren lediglich als Forstunterkräuter zu erwähnen sind, die auf Kahlschlägen, oft verdämmend auf den jungen Holzwuchs wirken.

1. Unterfamilie Pomoideae. Meist 2—5 (seltener 1) Fruchtknoten, untereinander und mit dem sie umgebenden Achsenbecher verwachsen und daher unterständig. Frucht eine vom Kelche gekrönte Apfelfrucht, deren Fächer entweder pergamentartig dünn (Kernapfel) oder dick und hart (Steinapfel) sind. Das zerstreutporige Holz, dessen Jahresringe in der Spätholzzone gewöhnlich dunkler gefärbt sind, enthält sehr zahlreiche, gleichmäßig über den Jahresring verteilte, einzelnstehende, kleine Gefäße, die, ebenso wie die sehr zahlreichen, feinen Markstrahlen, mit bloßem Auge nicht mehr zu erkennen sind.

1.* Crataégus monógyna Jacquin, der eingriffelige Weißdorn oder Hagedorn (franz. Aubépine), hat mit blattwinkelständigen Dornen besetzte Langtriebe und häufig in Dornen endigende Seitenzweige, ca. 3—7 cm lange, vielgestaltige, meist tief 3—7spaltige oder -teilige, unterseits blaugrüne Blätter mit spitzen, auswärts gebogenen Lappen, deren Seitenränder fast parallel sind, sehr große, an unfruchtbaren Langtrieben bleibende, nierenförmige, zerschlitzte oder gesägte Nebenblätter, weiße (nur bei Kulturvarietäten rosa) Blüten mit roten Staubbeuteln und einem Griffel, in aufrechten, zusammengesetzten Trugdolden, ca. 14 Tage später als oxyacantha aufblühend. Früchte eiförmig, scharlachrot, mit nur einem Steinkern. Die im Frühjahr gesäten Früchte liegen über. — Der eingriffelige Weißdorn ist ein trägwüchsiger, sperriger Strauch von 1—3 m Höhe mit sehr langen, wenig verästelten Wurzeln, seltener ein Baum mit spannrückigem Stamm, der unter günstigen Umständen auf nahrhaftem, kalkreichem Boden bis 10 m Höhe und 2 m Umfang sowie ein mehrhundertjähriges Alter erreichen kann. Er findet sich in ganz Europa (und weit darüber hinaus), mit Ausnahme des hohen Nordens und äußersten Südens in Hecken, an Waldrändern,

als Unterholz in Mittelwäldern der Ebene und des Hügellandes und steigt an sonnigen Berghängen bis ca. 900 m empor. Er verträgt den Schnitt sehr gut und eignet sich vorzüglich zu lebenden Hecken. Das matt fleischrote Holz ohne gefärbten Kern zeigt häufig zahlreiche Markflecke, ist sehr feingebaut, sehr hart, sehr schwerspaltig, stark schwindend, vom spez. Gewicht 0,80—0,88 und wird namentlich zu Drechslerarbeiten verwendet.

2.* Crataégus oxyacántha Linné, der gemeine Weißdorn oder Hagedorn, ist dem ersteren in jeder Beziehung sehr ähnlich und unterscheidet sich durch ebenfalls sehr vielgestaltige, meist weniger tief geteilte und selbst ungeteilte, unterseits gelblichgrüne Blätter mit abgerundeten, einwärtsgebogenen Lappen, 2—3grifflige Blüten und 2steinige Früchte. Er ist ebenso verbreitet wie der eingriffelige.

1.* Cotoneáster integérrima Medicus (vulgaris Lindley), die gemeine Bergmispel, ein 60—150 cm hoher, sperriger Strauch, an steinigen und felsigen, sonnigen, bebuschten Hügeln, sowie an ähnlichen Plätzen in Laub- und Mittelwäldern, vorzugsweise auf Kalk, durch ganz Europa zerstreut, im Norden selten, im Süden entschiedene Gebirgspflanze, steigt in den Alpen bis über 2000 m und hat kleine, meist nur 2—3 cm lange, sehr kurzgestielte, eiförmige, oberseits kahle, unterseits dicht grau- bis weißfilzige Blätter und 1—3 blütige, etwas hängende Doldentrauben mit kleinen, glockigen, rosa gefärbten Blüten und erbsengroßen, scharlachroten Steinäpfeln.

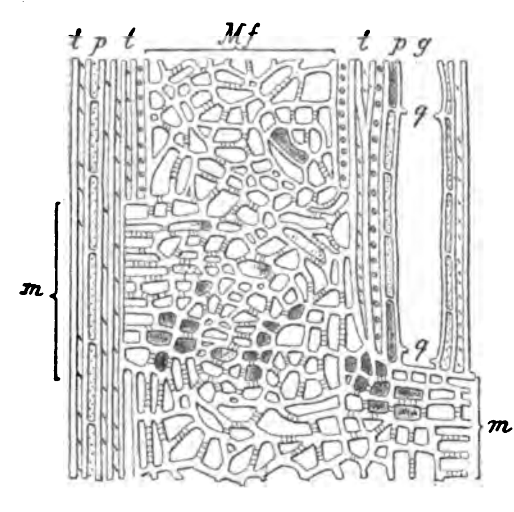



Abb. 78.
Radialer Längsschnitt durch das Holz von Crataegus mit Markfleck (M f). Das normale Holzgewebe ist etwas schematisiert: qq einfach durchbrochene Querwände des Gefäßes g, p Holzparenchym, t Tracheiden und (ganz links) Holzfasern, m Teil eines Markstrahls, der mit dem „Markfleck" oder „Zellgang" M f zusammenhängt. — Vergr. 100 (nach K. Wilhelm).

2.* Cotoneáster tomentósa Lindley, die filzige Bergmispel, mit dem südlichen Süddeutschland als Nordgrenze, bewohnt ähnliche Standorte und unterscheidet sich durch auch oberseits flaumhaarige, etwas größere Blätter, vielblütige, meist aufrechte Trugdolden und etwas stattlicheren Wuchs.

§85. 1.* Pírus Málus Linné (Syn. Málus commúnis Lamarck), der Apfelbaum, Holzapfel, Wildapfel (franz. Pommier), vielfach nichts anderes als ein verwilderter Kulturapfelbaum, ist forstlich von untergeordneter Bedeutung, ein sehr trägwüchsiger, kleiner Baum mit meist nur 2—4 m (bis 7 m) hohem, spannrückigem Stamm und tief angesetzter, sperriger, unregelmäßiger Krone. Durch die zahlreichen, allseitig abstehenden, in eine spitze Endknospe oder einen Dorn auslaufenden Kurztriebe ist er im Winter „borstig wie ein Keiler". Blätter spitz eiförmig, variabel, gezähnt, ca. 3—5 cm lang, meist ca. doppelt so lang als ihr Stiel, mit wenigen (ca. 4), unterseits vortretenden Seitenrippen, oberseits kahl, unterseits kahl bis filzig.

Blüten außen zartrosa, innen weiß. Staubbeutel gelb. Früchte ca. 4 cm große, kugelige, grüne bis gelbe, oft rotbackige „Kernäpfel". An Waldrändern oder als Unterholz ist er durch ganz Europa mit Ausnahme des hohen Nordens zerstreut. Die Rinde bildet an älteren Bäumen eine hellfarbige, in dünnen Schuppen abblätternde Borke. Das rötliche Holz hat einen dunkelrotbraunen Kern mit zahlreichen, dunkeln Markflecken, ist feinfaserig, ziemlich matt, schwer (0,77), ziemlich hart, schwerspaltig, sehr wenig dauerhaft, ziemlich brennkräftig, stark schwindend und weniger geschätzt als das Birnbaumholz.

2.* Pírus commúnis Linné, die Holzbirne (franz. Poirier), ebenfalls vielfach nur eine verwilderte Kulturbirne, spielt als Waldbaum nur eine untergeordnete Rolle, bildet aber größere, auch sehr langsam wüchsige Bäume (unter sehr günstigen Verhältnissen bis 16 und 20 m Höhe und 50 cm Stärke) mit tiefrissiger, in nahezu würfelförmige, kleine Stücke geteilter, schwarzgrauer Borke und mäßig ausgebreiteter Krone, die vorwiegend von aufgerichteten Aesten gebildet wird, deren Langtriebe mit einer spitzen Endknospe oder mit einem Dorn abschließen und zahlreiche, dornspitzige Kurztriebe tragen. Die Blätter sind rundlich oder eiförmig, kurz zugespitzt, kleingesägt, ungefähr so lang als ihr Stiel, mit ziemlich zahlreichen (ca. 8), unterseits kaum vortretenden Seitenrippen, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits heller, in der Jugend wollig behaart oder fast kahl. Blüten in weißen, stattlichen Dolden am Ende belaubter Kurztriebe, Staubbeutel rot. Früchte rundlich bis birnförmig, sehr herb, reich an Steinzellnestern. Die geographische Verbreitung und die Standorte sind die gleichen wie beim Holzapfel, doch ist die Holzbirne etwas häufiger. Das Holz ist nicht ganz so feinfaserig, wie das des Holzapfels, bräunlichrot, meist mit Markflecken, ohne gefärbten, echten Kern, aber häufig mit Faulkern, matt, schwer (0,73), hart, schwer spaltbar, mittelbiegsam, schwach elastisch, ziemlich fest, zähe, sehr gut nach allen Richtungen hin schneidbar, mäßig schwindend (höchstens 4,5%), im Trockenen ziemlich dauerhaft, heizkräftig.

§ 86. Die Gattung Sorbus, Eberesche, unterscheidet sich nur durch unbewehrte Zweige, meist zusammengesetzte oder tiefgelappte Blätter, kleine Blüten in reichblütigen Blütenständen und meist 2—4 fächerige Früchte.

1. *Sórbus Aucupária Linné, gemeine Eberesche, Vogelbeerbaum (franz. Sorbier). Knospen groß, schwarzviolett, filzig. Blätter 10—20 cm lang, unpaarig gefiedert mit 5—8 Paar fast sitzender, schmal elliptischer, gespitzter, scharf gesägter, glanzloser, oben dunkel-, unterseits matthellgrüner, 3—5 cm langer Blättchen, in der Jugend weißwollig, ausgewachsen meist kahl. Blüten mit meist 3 Griffeln, in großen, konvexen, reich zusammengesetzten Trugdolden. Früchte klein, kugelig, ca. 7—9 mm, anfangs gelb, dann leuchtend scharlachrot, mit meist 3 Kernen, die nach einigen Wochen bei Frühlingssaat keimen. Die Verbreitung findet hauptsächlich durch Drosselarten statt. — Die Mannbarkeit der in der Jugend raschwüchsigen, aber bald nachlassenden Bäume tritt schon mit ca. 20 Jahren ein; dann trägt der Baum fast alljährlich reichlich Früchte. Im allgemeinen ist der Höhenwuchs ziemlich langsam, mit 10—16 m Gesamthöhe und ca. 40 cm Durchmesser. Die Lebensdauer überschreitet selten 80 Jahre. Der Stamm ist ziemlich gerade, schlank, hoch hinauf astrein, die Krone etwas sperrig, licht beblättert, die Rinde sehr lange glatt, hellgrau, glänzend, erst im höheren Alter etwas aufreißend, die Bewurzelung auf tiefgründigem

Boden tiefgehend und weit reichend, auf schlechtem flach. Das Reproduktionsvermögen ist durch reichlich entstehenden Stock- und Wurzelausschlag wie durch Wurzelbrutbildung sehr beträchtlich. Das Holz hat rötlichweißen Splint und gelbbraunen Kern und deutlichen Glanz auf den Spaltflächen. Zellgänge sind auch hier häufig; es ist ferner ziemlich feinfaserig, mittelschwer (0,64), hart, sehr schwerspaltig, zäh und elastisch, mäßig schwindend (um 5—6%), äußerst wenig dauerhaft, von mittelgroßer Brennkraft. — Das Verbreitungsgebiet der Eberesche umfaßt ganz Europa bis zum Nordkap und ganz Nordasien; sie verträgt große Temperaturschwankungen, gedeiht noch im rauhesten Klima bei einer mittleren Jahrestemperatur von 0°, findet sich in den mitteleuropäischen Gebirgen noch an der Baumgrenze und tritt überall eingesprengt, selten bestandbildend auf; als Straßenbaum ist sie überall, wo Obstbäume nicht mehr gedeihen, beliebt. Wenn sie sich auch naturgemäß nur auf besserem, etwas kalkhaltigem Boden vollkommen entwickelt, so kommt sie doch auf Böden aller Art, auch auf den schlechtesten, selbst auf Moorböden noch fort. Gegen Schneedruck ist sie ziemlich unempfindlich. Im allgemeinen Lichtholzart, wenigstens als erwachsene Pflanze, verträgt sie im jugendlichen Alter jegliche Ueberschirmung und hält, wenngleich kümmerlich, lange Jahre unter dem dichtesten Bestandesschluß aus, selbst unter jungem Fichtenstangenholz. Wo starker Unkrautwuchs die natürliche oder künstliche Verjüngung beeinträchtigt, leistet der Vogelbeerbaum als Schutzholz für die Fichte im Flachland wie im Gebirg ausgezeichnete Dienste, muß aber später in Windlagen rechtzeitig entfernt werden, weil er sonst die Fichte verpeitscht[1]).

Unter den Varietäten möge die aus Mähren stammende Var. dúlcis Krätzl, die süße Eberesche, nur durch Veredelungen vermehrbar, mit größeren, eßbaren, im September reifenden Früchten erwähnt sein.

2.* Sórbus doméstica Linné, die zahme Eberesche, auch Sperberbaum, Speierling, Schmeerbirne genannt, stimmt im Bau der unterseits bläulichgrünen, größeren Blätter mit der Vogelbeere im wesentlichen überein, unterscheidet sich aber durch kahle, gelblichgrüne, klebrige Knospen, 5griffige, größere Blüten und etwa 2 (bis 3) cm große, eingekocht genießbare, birnförmige, reif gelbe, rotbackige, überreif lederbraune, 5samige Früchte. Die Krone des erwachsenen Baumes ist sperriger, die Rinde bildet gleich der des Birnbaums eine rauhe Borke. Das im Splint rötlich-weiße Holz enthält im tief rotbraunen Kern viele Markflecke und ist feinfaserig, etwas glänzend, sehr schwer, 0,73—1, im Mittel 0,88, elastisch, fest, bis 6% schwindend, sehr schwerspaltig, mittelbiegsam, dauerhafter, brennkräftiger und wertvoller als dasjenige der Vogelbeere. — Der Speierling ist eine südeuropäische, trägwüchsige Holzart, welche in der Südschweiz, Südtirol, Krain und dem südlichen Ungarn im allgemeinen die Nordgrenze seiner natürlichen Verbreitung findet, darüber hinaus in Süddeutschland vielfach angepflanzt und gelegentlich verwildert im Walde vorkommt; er verlangt besseren Boden und erwächst zu stattlicheren, erst im 40. bis 50. Jahre mannbaren Bäumen (bis 20 m) mit Pfahlwurzel und kann 5—6 Jahrhunderte alt werden.

3.* Sórbus torminális Crantz, der Elsbeerbaum, ist in forstlicher Hinsicht die wichtigste Art. Knospen groß, kugelig eiförmig, glänzendgrün, kahl. Blätter langgestielt, ca. 8—10 cm lang, breit eiförmig, tief gelappt mit spitzen, ungleich gesägten Lappen, oberseits glänzend dunkelgrün,

1) Fankhauser in Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1910, S. 49.



unterseits flaumhaarig blaßgrün. Früchte ca. ½ cm groß, anfangs rötlich gelb, reif braun mit weißen Punkten, inwendig teigig und dann eßbar. — Die Elsbeere bildet stattliche, 15 (bis 20) m hohe Bäume mit kleinschuppiger, vorwiegend längsrissiger Borke und eiförmig-rundlicher, umfangreicher, dicht belaubter Krone. Sie ist ebenfalls langsam wüchsig, wird etwa mit dem 20. bis 30. Jahre mannbar, pflegt dann alljährlich reichlich zu blühen und zu fruchten und kann über 100 Jahre alt werden; der Höhenwuchs ist aber mit dem 40. bis 50. Jahre im wesentlichen abgeschlossen. Das wertvolle, im Splint rötlichweiße, später ins bräunliche nachdunkelnde, im Kern rotbraune Holz ist feinfaserig, sehr schwer (0,67 bis 89, im Mittel 0,77), hart, mit muscheliger Spaltfläche, sehr schwerspaltig, sehr elastisch, mittelbiegsam, sehr fest, bis 7% schwindend und sehr brennkräftig. Der Elsbeerbaum ist eine vorwiegend mittel- und südeuropäische Holzart, die sich, meist einzeln eingesprengt, vorwiegend im Bergland, bis ca. 650 m Höhe emporsteigend, von Mitteldeutschland bis zu den südlichen Alpen und Karpathen in sonnigen Lagen namentlich auf Kalkboden findet, aber auch auf anderen mineralkräftigen Böden wächst, an Humusgehalt, Tiefgründigkeit und Bodenfrische mäßige Ansprüche stellt, auf Sand- oder nassem Boden dagegen nicht mehr gedeiht. Das Ausschlagvermögen ist bei kurzer Lebensdauer der Stöcke aus Stock und Wurzeln mäßig, die Bewurzelung, anfangs zur Pfahlwurzelbildung neigend, besteht später, namentlich auf flachgründigem Boden, aus starken Seitenwurzeln.

4.* Sórbus Aria Crantz (syn. Aria nívea Host) der Mehlbeerbaum, auch Mehlbeere, Mehlbirne genannt, hat große, grünlichbraune, kahle, eikegelförmige, mehrschuppige Knospen, ca. 6—12 cm lange, länglich eiförmige, ungeteilte oder am Rande etwas eingeschnittene, doppelt gesägte, oberseits glänzend dunkelgrüne, unterseits grau- bis schneeweißfilzige Blätter, ziemlich große Blüten mit weißfilzigen Stielen und Kelchen und kugelige, beinahe kirschgroße, rote, hellpunktierte, 2 samige, erst nach Frost genießbare Früchte. Diese Holzart des Berglandes findet sich in Mitteleuropa als Unterholz, an Waldrändern und in Gebüschen vornehmlich in den mitteldeutschen Gebirgen, den Alpen, Sudeten und Karpathen, bis 1600 m ansteigend, vornehmlich auf Kalkboden und an sonnigen Standorten. Je nach Standort und Höhenlage erwächst er sehr langsam, aber andauernd, zu stattlichen Sträuchern oder kleinen, ca. 6—12 m hohen, bis 200 Jahre alten, meist krummschäftigen, oft spannrückigen Bäumen und hat ziemlich tief gehende Bewurzelung und beträchtliches Ausschlagvermögen. Sein Holz stimmt mit dem des Elsbeerbaums im wesentlichen überein.

5. Sórbus Mugeóti Soyer-Willemet et Godron, der Alpenmehlbeerbaum, unterscheidet sich durch Blätter, deren Rand mit 8—10 ziemlich kurzen, spitz gezähnten Lappen versehen ist. Hin und wieder in den Alpen und den deutschen Mittelgebirgen.

6. Sórbus scándica Fries (Syn. S. intermédia Ehrhart), der schwedische Mehlbeerbaum, auch Oxelbirne, Saubirne, Popenbaum genannt, mit vorstehender Art häufig verwechselt, hat jederseits meist nur 8 Lappen an seinen unterseits mehr graufilzigen Blättern. Sein Verbreitungsgebiet ist auf Skandinavien und Finnland eventuell auch die Ostseeländer beschränkt; bei uns kommt er nur angepflanzt vor.

7. Sórbus Chamaemélspilus Crantz, die Zwergmispel, ist ein kleiner, 1—2 m hoher Strauch der oberen Bergregion (bis ca. 2000 m) Mittel- und Südeuropas; er wächst in Gesellschaft von Legföhre, Grün-

erle und Alpenrose, bevorzugt Kalkboden, hat 4—8 cm lange, sehr kurzgestielte, eiförmig längliche, doppeltgesägte, oberseits glänzend dunkelgrüne, unterseits matt blaßgrüne, kahle oder etwas filzige, sehr derbe Blätter und kleine Blüten mit schmalen, rosa gefärbten, aufgerichteten Blumenblättern in aufrechten, armblütigen Trugdolden und hell scharlachrote, ca. 1 cm große, wohlschmeckende Früchte.

Von den Bastarden der Sorbusarten, an deren Bildung sich namentlich der Mehlbeerbaum beteiligt, kommen häufiger vor:

8. S. Aria × torminalis = S. látifolia Persoon, der breitblätterige Mehlbeerbaum oder die Saubirn, mit über 10 cm langen und 6 cm breiten, unterseits locker weiß- oder graufilzigen Blättern mit 7—9 seichtausgeschnittenen, nach oben an Größe abnehmenden, gesägten Lappen auf jeder Seite und gelben bis roten, im teigigen Zustande genießbaren Früchten. Meist kleine Bäume mit apfelbaumähnlicher Rinde, zerstreut mit den Stammeltern.

9.* S. Aria × aucupária = S. hybrida W. Koch, die Bastardeberesche, mit 5—13 cm langen, länglichen, in der unteren Hälfte teils gefiederten, teils fiederspaltigen bis fiederschnittigen, in der oberen Hälfte meist eingeschnitten gelappten, selten nur scharf gesägten, jederseits mit 10—12 Seitennerven versehenen, unterseits dünnfilzigen Blättern und kleinen, herben Früchten. Kommt ebenfalls nur vereinzelt zwischen den Stammeltern vor; häufig als Zierbaum angepflanzt.

*Amelánchier vulgáris Moench, (rotundifólia C. Koch), die Felsen- oder Traubenbirne, ein 1½—2 (3) m hoher Strauch mit aufgerichteten, schlanken Zweigen, findet sich in den Alpen, im süd- und mitteleuropäischen Bergland, meist auf felsigem Kalkboden. Die Blätter sind 2 bis 4 cm lang, oval, meist stumpf, jung beiderseits weißfilzig, alt kahl, scharf gesägt. Die im April oder Mai erscheinenden Blüten mit weißfilzigen Stielen und schmal länglichen, ausgebreiteten, weißen Blumenblättern stehen in kurzen, achselständigen, 3—8blütigen Trauben. Früchte erbsengroß, blauschwarz, vom grünen Kelch gekrönt.

§ 87. Unterfamilie Prunoidéae. Blüten perigyn. 1 Fruchtknoten mit 2 Samenknospen, Blütenachse an der Fruchtbildung nicht beteiligt. Frucht eine Steinfrucht, gewöhnlich nur einen einzigen Samen enthaltend. — Das zerstreutporige Holz der Prunoideae ist von dem der Pomoideae dadurch unterschieden, daß die Markstrahlen mit bloßem Auge scharf und deutlich erkennbar sind und die Gefäße an der Innengrenze des Jahrringes zwar nicht erheblich größer, aber meist zahlreicher sind und dadurch eine lockerere, meist heller gefärbte Frühholzzone bedingen.

1. *Prúnus spinósa Linné, der Schlehdorn, auch Schwarzdorn oder Schlehe genannt, bildet fast in ganz Europa, vorwiegend in der Ebene und im Hügelland, auf jedem, insbesondere auf trockenem, steinigem Boden und in sonniger Lage an Rainen, Waldrändern und Hecken, sowie als Unterholz in lichten Wäldern mittelgroße (1—2 m hohe), sehr sperrige Büsche mit zahlreichen, rechtwinkelig abstehenden, in einen scharfen Dorn endigenden Seitenzweigen und weitausstreichenden, Wurzelschößlinge treibenden Wurzeln. Die breitlanzettlichen, scharfgesägten Blätter werden bis 4 cm lang. Ueber den Blatt-



narben stehen gewöhnlich 3 Knospen nebeneinander, von welchen die mittlere häufig, die seitlichen stets Blütenknospen sind. Da an Kurztrieben die Blütenknospen dicht gehäuft stehen, so sind die Büsche im Frühjahr oft über und über mit den kurzgestielten, meist kurz vor dem Laubausbruch aufblühenden, kleinen, weißen Blüten bedeckt. Die schwarzblauen, bereiften Steinfrüchte sind sehr herb und werden erst nach einem derben Frost einigermaßen genießbar. Das schwere (0,83), feinfaserige Holz mit rötlichem Splint und braunrotem Kern ist etwas glänzend und sehr hart. Der trägwüchsige Strauch ist mit ca. 20 Jahren voll entwickelt und dauert bis etwa zum 40. Jahre aus.

2.* Prúnus ávium Linné, die Vogelkirsche oder Wildkirsche, ist die Stammpflanze der zahlreichen kultivierten Süßkirschen. Knospen bis 6 mm lang, eikegelförmig, spitz, vielschuppig, rotbraun glänzend. Blätter (6) 9—12 (15) cm lang, meist eiförmig, zugespitzt, scharf gesägt, schlaff, oberseits dunkelgrün, unterseits blaßgrün und meist spärlich flaumhaarig, am Blattstiel meist mit 2 großen, roten Drüsen. Blüten groß (bis 3½ cm), lang gestielt, in dichten, doldigen Büscheln aus den Endknospen vorjähriger Kurztriebe im April oder Mai. Früchte meist nur 1 cm groß, bei verwilderten Süßkirschen erheblich größer, schwarzrot, mit großem, rundlichem Stein und bittersüßem Fleisch. Der Samen keimt schon im Frühling nach der Reife, wie bei allen Prunusarten mit dicken, rundlichen, oberirdischen Keimblättern. Der bis ca. zum 40. Jahre raschwüchsige Baum schließt mit 50—60 Jahren sein Wachstum ab, in dieser Zeit im Bestandesschluß 16—20 m Höhe und bis über ½ m Stärke erreichend, wird aber selten älter als 80—90 Jahre. Die Mannbarkeit tritt mit ca. 20—25 Jahren ein. Der Stamm ist bis zum Wipfel geradschaftig und vollholzig, die Krone unregelmäßig, dichtästig, hochangesetzt und locker beblättert, die Rinde in der Jugend glatt, glänzend, rötlichgrau, sehr zähe, mit breiten, rostfarbigen Lentizellen, löst später ihr Periderm ringförmig in bandartigen Lappen, ähnlich wie die Birke, ab und bildet erst spät eine flachrissige, dunkle Borke. Das Wurzelsystem entbehrt der Pfahlwurzel und besteht aus ziemlich weitstreichenden, teils flach verlaufenden, teils tief in den Boden eindringenden, kräftigen Wurzelsträngen. Das im schmalen Splint rötlichweiße, im Kern hell gelbbraune, ziemlich wertvolle Holz ist grobfaserig, glänzend, mittelschwer (0,75—78, im Mittel 0,66), sehr hart, sehr schwerspaltig, mittelbiegsam, elastisch, fest, bis 6% schwindend, im Freien wenig dauerhaft, dem Wurmfraße sehr ausgesetzt, brennkräftig.— Die Vogelkirsche ist fast über ganz Europa verbreitet, meist vereinzelt in Misch- und Mittelwäldern und an Waldrändern der Ebene wie im Gebirge, in warmen sonnigen Lagen, auf frischem, fruchtbarem, besonders kalkhaltigem Boden am besten gedeihend. Sie ist eine ausgesprochene Lichtholzart, die selbst mäßige Beschattung nicht mehr erträgt.

3.* Prúnus Pádus Linné, die Traubenkirsche, auch Ahlkirsche oder Faulbaum genannt, hat kegelförmig spitze, vielschuppige, schwarzbraune, glänzende Knospen, die Endknospe 6—9 mm lang, 2 mm breit, größer als die Seitenknospen. Die scharf gesägten, kahlen Blätter mit gründrüsigen Stielen sind elliptisch zugespitzt, ca. 6—12 cm lang. Die reichblütigen, langen, hängenden, deckblattlosen, weißen Blütentrauben erscheinen meist schon im April am Ende beblätterter Kurztriebe; die erbsengroßen, schwarzen, bittersüßen Früchte mit spitzem, netzgrubigem Stein reifen meist Ende Juli. In der Jugend bis zum 20. oder 30. Jahre sehr raschwüchsig und selten länger als 60 Jahre dauernd, erwächst die Traubenkirsche zu großen

Sträuchern oder zu mittelgroßen, bis 13 m hohen und 60 cm starken Bäumen mit tiefangesetzter, dichtbelaubter Krone und zum Teil hängender Beastung und oft spannrückigen Stämmen, deren schwarzgraue Rinde erst spät eine dünne, längsrissige Borke bildet. Die Bewurzelung ist mehr seitwärts als tief streichend. Das Ausschlagvermögen ist sehr groß. Das frisch unangenehm riechende Holz von sehr beschränktem Gebrauchswert hat breiten, gelbweißen Splint, braungelben Kern, ist wenig dauerhaft und wenig brennkräftig. Das Verbreitungsgebiet der Traubenkirsche umfaßt beinahe ganz Europa (bis zum 70° in Norwegen!). Im allgemeinen eine Holzart der feuchten Ebenen und Flußniederungen, steigt sie doch mit den Wasserläufen in feuchten Talgründen hoch im Gebirge empor (in den nördlichen Kalkalpen bis 1500 m, im Engadin [Pontresina] bis ca. 1900 m).

4. * Prúnus Máhaleb Linné, die Felsenkirsche, auch türkische Weichsel oder Steinweichsel genannt, deren Stocklohden beim Trocknen den bekannten Weichselgeruch annehmen, bewohnt die Südhälfte Europas, vornehmlich auf kalkhaltigen Standorten des Hügellandes, im Weinklima von den Vogesen bis zum Siebengebirge und durch die Alpenländer bis Siebenbürgen verbreitet. Sie ist eine sehr lichtbedürftige, meist strauchig bleibende, selten zu 4—8 m hohen Bäumen heranwachsende Holzart mit reichlichem, sehr raschwüchsigem Stockausschlag nach dem Abhieb. Die Blätter sind meist eiförmig zugespitzt, gekerbt-gesägt, kahl und glänzend, ca. 3—6 cm lang, an drüsenlosen Stielen. Die der Traubenkirsche ähnlichen Blüten stehen aber in aufrechten, rundlichen Trauben; die erbsengroßen, schwarzen Früchte schmekken sehr herbe. — Die zu „Weichselrohren" verwendeten Ausschläge werden in sog. „Weichselgärten" in 3jährigem Umtrieb gezogen.

5. Prúnus serótina Ehrhart, die spätblühende Traubenkirsche, ist durch das ganze Laubholzgebiet Nordamerikas verbreitet und gehört zu den schnellwüchsigsten, vorzüglichsten Hartholzarten Nordamerikas (mit schönem, roten Holz), ist in Europa längst eingeführt, aber erst seit 1890 und zwar bis dato mit bestem Erfolg, in den Kreis der forstlichen Anbauversuche gezogen worden. Der im Herbst gesäte, frische Samen keimt im nächsten Frühjahr; bei Frühjahrsaussaat ist mindestens 3 tägiges Einquellen erforderlich, wenn nicht die meisten Samen überliegen sollen. Im 1. Jahre werden die Pflanzen bei uns 20—30 cm, in 3 Jahren schon 1 ½ m und in 9 Jahren 6 m hoch, so daß sie außer der Esche alle heimischen Laubholzarten übertreffen. In ihren Bodenansprüchen ist P. serotina ziemlich genügsam. Zur vollen Entfaltung ihrer Leistungsfähigkeit gehört sie nach Schwappach (D. Dend. Ges. 1907. S. 129) auf unsere Laubholzböden, wo sie wegen ihrer Raschwüchsigkeit sehr geeignet ist, Lücken in Buchenbeständen auszufüllen, und dabei von ihrer Umgebung von Aesten gereinigt wird; auch leistet sie zur Auspflanzung von Pilzlöchern in Kiefernbeständen gute Dienste. Sie verlangt volles Licht und ist für Seitenschutz dankbar. — Von unserer Traubenkirsche unterscheidet sie sich durch größere, bis 10 cm lange, derbere, lederartige, oberseits glänzend dunkelgrüne Blätter, kürzere, aufrechte oder vornübergeneigte Blütentrauben, die erst Ende Mai oder Anfang Juni aufblühen, und durch den glatten Stein ihrer Früchte.

§ 88. Die Familie der Leguminósae, Unterfamilie Papilionátae mit in der Regel in Trauben stehenden Schmetterlingsblüten und 2 klappig aufspringenden Hülsen, besitzt nur in Südeuropa baumartige Vertreter, während

die forstlich für uns wichtigste Art nordamerikanischen Ursprungs ist, nämlich:

*Robínia Pseudacácia Linné, die Robinie, in Deutschland allgemein Akazie genannt, ist hier längst völlig eingebürgert. Belaubung sehr spät, meist erst in der zweiten Hälfte des Mai; Knospen nackt, in der ziemlich großen, höckerigen Blattnarbe verborgen; Blätter unpaarig gefiedert, 10—30 cm lang, weich, mit ca. 10—20 kahlen, 2—4 cm langen, ovalen Fiederblattpaaren und zu stechenden. Stipulardornen umgewandelten Nebenblättern, die paarweise an der Blattstielbasis sitzen und mehrere Jahre dauern; Blüten ansehnlich, weiß, in langen, blattwinkelständigen, hängenden Trauben im Juni; Hülsen 5—9 cm lang mit ca. ½ cm großen, nierenförmigen, braunen Samen, die im Oktober oder November reifen, vom Februar an abfallen und ca. 14 Tage nach Frühlingssaat mit 2 dicken, halbeirunden Keimblättern oberirdisch keimen. Die Dauer der Keimkraft beträgt 2—3 Jahre. Die Mannbarkeit tritt mit 20—25 Jahren ein. Samenjahre alle 1—2 Jahre. Die Robinie ist in der Jugend ungemein raschwüchsig, erreicht nicht selten schon im 1. Jahre eine Höhe von 70 cm bis 1 m, mit 10 Jahren 10 m und darüber, doch läßt der Wuchs rasch nach und ist im 30. bis 40. Jahre im wesentlichen abgeschlossen. Sie erreicht bei uns bis 25 m Höhe und bis 80 cm Stärke und zumeist ein 100 Jahre nicht überschreitendes Alter (nur ausnahmsweise 200 und mehr), bildet eine lockere, sperrige, unregelmäßige, dünnbelaubte Krone, neigt zum Zwieselwuchs, bildet als Samenpflanze im Schluß unter günstigen Bedingungen gerade, schlanke, bis zu beträchtlicher Höhe astreine Stämme, während sie sich im Freistand in mehrere steil aufstrebende, schlanke Aeste gabelt. Ausschlagsstämme werden fast stets krummwüchsig. Die Bewurzelung ist nur anfänglich in die Tiefe gerichtet und streicht bald mit starken Wurzelästen seitlich weit aus. Das Ausschlagvermögen aus Stock und Wurzel ist sehr bedeutend. Die Rinde bildet früh eine tief netzförmig aufreißende, starke, braungraue Borke. Das ringporige Holz besitzt einen nur wenige Jahrringe breiten, gelbweißen Splint und einen grünlich-gelbbraunen, an der Luft stark nachdunkelnden Kern. Die Markstrahlen sind mit bloßem Auge meist nicht erkennbar; die Gefäße des Spätholzes, ähnlich wie bei Ulmus, nahe der Ringgrenze in konzentrischen Linien angeordnet; sämtliche Gefäße mit Ausnahme der des äußersten Jahrringes sind durch Thyllen verstopft. Das Robinienholz ist ein vortreffliches Werkholz, sehr schwer (0,58—0,85, im Mittel 0,77), sehr grobfaserig, glänzend, hart, sehr fest, schwer aber schönspaltig, elastisch, außerordentlich dauerhaft und brennkräftig. Die Standortsansprüche der Robinie [1]) sind ganz eigenartige. Sie gehört zu den anspruchsvollsten Holzarten hinsichtlich der Mineralstoffe, die sie dem Boden alljährlich entzieht und zugleich zu den anspruchslosesten, weil sie auf den ärmsten und dürresten Böden gedeihen kann, indem sie die Fähigkeit besitzt, sich die Mineralstoffe auch unter schwierigen Umständen zu beschaffen und außerdem als Schmetterlingsblütler an ihren Wurzeln Wurzelknöllchen trägt, so ihren Stickstoffbedarf aus der Luft zu decken vermag und hinsichtlich des Humusgehaltes keinerlei Ansprüche an den Boden stellt. Bedingung ihres Gedeihens ist aber, da die Wurzeln, ähnlich wie bei den Pappeln, weit über den Kronenraum des Baumes hinausgehen, weiter Wurzelraum nach der Seite oder auch nach der Tiefe, hinreichend lockerer und gut durchlüfteter Boden ohne dichten Unkrautfilz, reichlicher Lichtgenuß, da sie als äußerst lichtbedürftige Pflanze keinerlei Ueberschirmung verträgt

1) Weise, Robinie und Weymouthskiefer. Mündener forstl. Hefte 12. 1897. p. 1 ff.



und sich im Bestand frühzeitig verlichtet, und möglichst milde, namentlich vor Frühfrösten geschützten Lagen, weil sie zwar spät austreibt, aber erst der August den Höhentrieb bringt. Schwere Ton-, nasse oder gar moorige Böden eignen sich nicht für sie. Die Ansprüche an Bodenfeuchtigkeit sind sehr gering und so eignet sich die Robinie in wärmerem Klima (z. B. den ungarischen Steppen in großem Umfang durchgeführt, wo sie ca. 70 000 ha (= 1,2 % der Waldfläche) vorher größtenteils öden Landes bedeckt) vorzüglich zur Bindung des Bodens in baumlosen Sandniederungen, sowie zur Befestigung von Dämmen, Böschungen, Schutthalden und dgl.

1.* Cýtisus Labúrnum Linné, der Goldregen, mit 3-zähligen (kleeähnlichen), langgestielten, unterseits graugrünen, angedrückt-seidenhaarigen Blättern und langen, hängenden, goldgelben Blütentrauben, ist ein bis gegen 7 m Höhe erreichender Großstrauch mit rutenförmigen Langtrieben und hartem, glänzendem, sehr schwerspaltigem, elastischem, biegsamem, wenig dauerhaftem Holz, dessen schmaler Splint gelbweiß, dessen Kern gelbbraun oder grünbraun bis schwarzbraun ist. Diese süd- und osteuropäische Holzart ist als Zierstrauch überall angepflanzt, nicht selten auch im Walde verwildert, wild wohl in Südwestdeutschland, der südlichen und westlichen Schweiz, sowie in den südlichen und östlichen Kronländern Oesterreichs. Der anfangs raschwüchsige, aber nur 20—30 Jahre dauernde Goldregen gedeiht auf Böden verschiedenster Art, besonders auf trockenen, sonnigen Kalkhängen, so z. B. in der Oberförsterei Grubenhagen [1]) im südlichen Hannover, wo er bestandbildend im Niederwald, oder als Unterholz im Buchenmittelwald, die übrigen Unterhölzer mehr und mehr verdrängend, auftritt und sich durch Unempfindlichkeit gegen Druck und Ueberschirmung auszeichnet. Zur Aufforstung verödeter Muschelkalkhänge, auf denen andere Holzarten leicht versagen, wird er empfohlen. Samen und junge Rinde sind sehr giftig.

2. Cytisus alpínus Miller, der Alpen-Bohnenstrauch, unterscheidet sich durch unterseits nicht seidenhaarige Blätter. Ebenfalls häufig angepflanzt. Seine natürliche Verbreitung reicht nördlich aber nicht über die Gebirgswälder der Alpen und Karpathen hinaus.

3. Cytisus nígricans Linné, der schwärzliche Bohnenstrauch, dessen Blätter und Blüten beim Trocknen schwärzlich werden, ist ein ca. 1½ m Höhe erreichender Strauch mit dichten, aufrechten, endständigen, reichblütigen Blütentrauben. Von Mitteldeutschland an südwärts an steinigen, waldigen Orten.

Ebenso sind die mit meist einfachen Blättchen versehenen Angehörigen der Gattung Genista, Ginster, von denen einzelne Arten oft in Masse auftreten, lediglich forstliche Unkräuter, die durch Verdämmung des jungen Holzwuchses gelegentlich schädlich werden können.

*Sarothámnus vulgáris Wimmer (syn. Spártium scopárium Linné, Cytisus scoparius Link) der Besenginster, auch Besenstrauch, Hasenheide (fr. Genêt), genannt, ist ein gesellig wachsender Strauch mit 2 gestaltigen, spärlichen, kleinen Blättern, die an der Basis der Triebe gestielt und 3 zählig, an der Spitze einfach und sitzend sind. Die sehr großen, goldgelben, gestielten Blüten mit uhrfederartig eingerolltem

1) Frömbling, Der Goldregen und seine forstliche Bedeutung. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1886. p. 87.



Griffel stehen einzeln oder zu zweien blattwinkelständig. Der Wuchs ist meist strauchartig, mit aufrechten oder aufsteigenden, 1—2 m langen und bis 5 cm starken Stämmchen und zahlreichen, aufrechten, rutenförmigen, kantig gefurchten, grünen Aesten und Zweigen. Die Hauptwurzel dringt, namentlich im Sandboden, tief in den Boden ein und bildet weit ausstreichende Seitenwurzeln. Als Bewohner der Ebene oder niederer Gebirge ist der beinahe ganz Europa bewohnende, lichtbedürftige Strauch am häufigsten in den sandigen Niederungen Norddeutschlands als einzige bestandbildende Holzart (Rehheide, Hasenheide) und im Buntsandsteingebiet des Maines. Empfindlich gegen strenge Winterkälte wie gegen Früh- und Spätfröste, ist er doch wegen seiner tiefgehenden Bewurzelung und wegen ungemein lange andauernder Keimkraft seiner Samen in Kulturen ein schwer auszurottendes Unkraut (?), das aber armen Sandboden u. dgl. als Wurzelknöllchen tragender Schmetterlingsblütler mit gebundenem Stickstoff anreichert.

Gledítschia triacánthos Linné, der Christusdorn, die dreidornige Gleditschie, aus der Unterfamilie der Caesalpinioideae, in der südlichen Hälfte des atlantischen Nordamerika einheimisch, mit einfach oder doppelt gefiederten Blättern, unscheinbaren Blüten, 25—35 cm langen, bis 4 cm breiten, meist gedrehten Hülsen und 3teiligen, rotbraunen, spitzen Stammdornen an den jungen Trieben, am Stamm und den älteren Aesten von reichverzweigten, büschelig zusammenstehenden, sperrigen, großen Dornen starrend, ist in der südlichen Hälfte Mitteleuropas als großer, raschwüchsiger, sehr lichtbedürftiger Zierbaum mit weitausgreifender, sperriger Krone verbreitet und verlangt bei uns zu gutem Gedeihen milde, dem Wind nicht stark ausgesetzte Lagen und tiefgründigen, fruchtbaren, lockeren Boden. Ihr wertvolles, im Kern rosarotes Holz, im anatomischen Bau dem Robinienholze ähnlich, ist schwer (0,78), sehr grobfaserig, äußerst schwerspaltig, sehr dauerhaft, biegsam und wenig elastisch. Da sie den Schnitt gut verträgt, ist sie auf geeignetem Standort auch eine vorzügliche Heckenpflanze.

*Búxus sempervírens Linné, der gemeine Buchsbaum (Fr. Buis) aus der den Euphorbiaceen nahestehenden Familie der Buxaceae, ein ungemein langsamwüchsiger Strauch oder kleiner Baum, der bis 8 m Höhe und ½ m Stärke und ein Alter von mehreren Jahrhunderten erreichen kann, hat kleine, lederige, eiförmige, gegenständige, immergrüne Blätter und kleine, gelblich weiße, schon im März oder April erscheinende Blüten, die in achselständigen Knäueln stehen. In jedem Knäuel steht eine weibliche Blüte mit 3 dicken Griffeln inmitten mehrerer männlichen. — Das hochwertige, hellgelbe, ungemein gleichmäßige, hornartige Holz läßt kaum die Jahresringe erkennen und besitzt sehr enge Gefäße; es ist sehr schwer (0,99—1,02), sehr feinfaserig, äußerst schwerspaltig, fest, glanzlos und dauerhaft, und bekanntlich das wertvollste Material für Holzschnitte. — Der in unseren Gartenanlagen allenthalben angepflanzte Buchsbaum ist eine Holzart des Mittelmeergebiets, die nördlich der Alpen nur selten wild wachsend vorkommt, so namentlich an gebirgigen Orten im Moseltal bei Bertrich, auf den Buchshalden bei Grenzach in Baden, hier als Unterholz ca. 80 ha bedeckend [1]), und auf dem Schweizer Jura bei Pieterlen [2]), wo ein ganzes Wäldchen von 325'4—8 m

1) Klein, Bemerkensw. Bäume Badens S. 326 ff. u. Taf. 173.
2) Schweizer Zeitschr. f. Forstwesen 1898. p. 151 mit Abbildung.

hohen Bäumchen stockt. — Obwohl der Buchsbaum steinige, sonnige Hänge oft mit einem dichten Mantel überzieht, ist er doch in hohem Maße schattenertragend.

Rhus Cótinus Linné (syn. Cótinus Coggýgria Scopoli), der bekannte Perückenstrauch unserer Gärten aus der Familie der Anacardiaceae, mit beinahe kreisrunden bis rundlich eiförmigen Blättern und endständigen, großen Blütenrispen, deren behaarte Blütenstiele sich nach dem Verblühen der meist unfruchtbaren, abfallenden Blüten bedeutend verlängern, ist nordwärts bis zur südlichen Schweiz, bis Südtirol, wo er fast in alle Niederwälder eingesprengt ist, bis in die Umgebung Wiens und bis ins südliche Ungarn verbreitet auf sonnigen Hügeln, namentlich im Kalkgebirge. Seine Blätter sind ein wertvolles Gerb- und Färbematerial; auch das goldgelbe Holz (Fisettholz) dient zum Färben.

§ 90. *Ilex aquifólium Linné, der gemeine Hülsen, auch Christusdorn oder (zumeist) Stechpalme genannt, aus der Familie der Aquifoliaceae (Fr. Houx), ist eine an mildes See- oder luftfeuchtes Gebirgsklima gebundene, äußerst trägwüchsige Holzart Süd- und Westeuropas, die in Zentraleuropa, meist als Unterholz schattiger Laub- und Nadelholzwaldungen, in der westlichen norddeutschen Zone von Rügen bis zum Niederrhein, in den Vogesen, im Schwarzwald, im Jura und in den Alpen (bis 1200 m!) zerstreut vorkommt, meist strauchförmig bleibt und nach dem Abhieb reichlichen Stockausschlag treibt, auch das Beschneiden gut verträgt (Heckenpflanze). Die Krone ist bei baumartigem Wuchs pyramidal mit 5—8 cm langen, kurzgestielten, oberseits glänzend dunkelgrünen, grobdornig gezähnten Blättern an den unteren Zweigen, während dieselben etwa von Mannshöhe an häufig einen glatten, unbewehrten Rand haben. Nur in West- und Südeuropa bildet die Stechpalme mehrhundertjährige, bis 15 m hohe und ½ m starke Bäume, während sie bei uns stets erheblich kleiner bleibt. Die kleinen, weißen Blüten stehen in den Blattachseln gehäuft; die Pflanzen sind meist unvollkommen zweihäusig; die erbsengroßen, scharlachroten Steinfrüchte enthalten 4 einsamige Steinkerne, die meist erst im 2. Jahre nach der Frühlingssaat keimen. Das gelblich- bis grünlichweiße, zerstreutporige Holz mit kleinen Gefäßen und sehr feinen Markstrahlen und Jahresringgrenzen ist hart und schwer (0,78), sehr gleichmäßig und feinfaserig, schwerspaltig, schwindet stark und wirft sich sehr. (Drechslerholz).

*Staphyléa pinnáta Linné, die gemeine Pimpernuß, aus der Familie der Staphyleaceae, als Gartenzierstrauch allgemein beliebt, kommt meist vereinzelt und sehr zerstreut auf nahrhaftem, namentlich kalkreichem Boden und lichten Standorten in Bergwäldern der rheinischen und süddeutschen Zone, sowie in den nördlichen Vorbergen des ganzen Alpenzugs vor. Sie bildet stattliche, 2—5 m hohe Sträucher, die schon vor dem Abhieb reichlich schlanke Ausschlaglohden bilden, und hat gegenständige, 12—20 cm lange, unpaarig gefiederte Blätter mit meist nur zwei 5—9 cm langen, eiförmig zugespitzten Fiederpaaren. Die weißen, glockigen Blüten bilden trugdoldig verästelte, hängende Trauben; die ca. 4 cm großen, dünnhäutigen, aufgeblasenen, grünen Früchte sind 3fächerig mit meist je einem verkehrt eiförmigen, glänzend gelbbraunen, ölreichen, großen Samen, der meist erst nach 1jährigem Ueberliegen keimt. Das zerstreut-



porige, gelblichweiße Holz mit deutlichen, zahlreichen Markstrahlen und Jahresringen ist sehr hart, schwer (0,82) und schwerspaltig (Drechslerholz).

Die Spindelbäume, Evónymus, aus der Familie der Celastraceae, sind Sträucher oder kleine Bäume mit einfachen, gegenständigen Blättern und spielen forstlich eine bescheidene Rolle als Unterholz. Die 4- oder 5-zähligen Blüten stehen in achselständigen, langgestielten Trugdolden. Die sehr charakteristischen, rosenroten Kapselfrüchte enthalten von fleischigem, rotem Samenmantel (Arillus) umhüllte Samen.

1.* Evónymus europaéa Linné, der gemeine Spindelbaum oder das Pfaffenkäppchen (fr. Fusain) bildet sperrige Sträucher, seltener kleine Bäume (bis 6 m Höhe) mit grünen, durch Korkflügel vierkantigen Zweigen, mit ca. 4—6 cm langen, eilanzettlichen Blättern, 4zähligen, grünlichen Blüten, zahlreichen, ungeflügelten, meist stumpf 4lappigen Kapseln und weißlichen, vom orangeroten Arillus völlig eingehüllten Samen. Das Verbreitungsgebiet dieser häufigsten Art umfaßt beinahe ganz Europa, wo er sich auf fruchtbarem, frischem, kalkreichem Boden zerstreut an Waldrändern, Hecken, Feldgehölzen, sowie in lichten Wäldern der Ebenen, Hügel und Vorberge wildwachsend findet. Er hat wie alle Spindelbäume ein kräftiges Ausschlagvermögen. Das Holz hart, gelbweiß (Drechslerholz).

2. Evónymus latifólia Scopoli, der breitblätterige Spindelbaum, ist ein 4—6 m hoher Strauch des Mittelmeergebietes, der nördlich bis zu den Alpenländern und dem südlichen Ungarn vorkommt, im allgemeinen aber selten ist; er hat bis 10 cm lange Blätter; die bräunlichen Blüten sind meist 5zählig; die etwas zusammengedrückten Zweige ohne Korkflügel, die meist 5 lappigen Kapseln geflügelt kantig, die Samen wie bei vorigem.

§ 91. Gattung Acer, Ahorn, aus der Familie der Aceraceae, hat eingeschlechtige oder scheinzwittrige, 5- (selten) 4 zählige Blüten in endständigen Trauben oder Rispen; meist nur 8 Staubgefäße. Die männlichen Blüten besitzen lange Staubfäden und einen kleinen, verkümmerten Fruchtknoten, die scheinzwitterigen, weiblichen dagegen einen wohlentwickelten Fruchtknoten und kurze, den Pollen nicht entleerende Staubfäden. Fruchtknoten 2 fächerig, mit je 2 Samenknospen, bei der Reife in 2 einsamige, langgeflügelte, nußartige Teilfrüchte zerfallend. Blätter gegenständig, ohne Nebenblätter. Knospen von mehreren kreuzweis gegenständigen, derben Schuppen umhüllt, die Endknospe größer. Keimung mit Ausnahme von A. dasycarpum oberirdisch.

1.* Acer Pseudoplátanus Linné, Bergahorn (fr. Erable). Knospen spitz eiförmig, ansehnlich, grün beschuppt, an den Seiten der bräunlichgrauen, kahlen Zweige abstehend. Endknospe wie bei allen Ahornarten größer. Blätter langgestielt, 8—16 cm lang, oberseits glänzend dunkelgrün, kahl, unterseits hell graugrün, in den Nervenwinkeln weißfilzig behaart, 5lappig mit herzförmigem Grund; Lappen am Grunde etwas verschmälert, mit konvexen Umrißlinien, spitz, grob gesägt, durch spitze Buchten getrennt. Blüten in endständigen, hängenden, aus 3blütigen Trugdolden zusammengesetzten Trauben, nach dem Laubausbruch erscheinend. Teilfrüchte erbsengroß, mit

langen Flügeln, deren Rückenlinien meist einen spitzen Winkel miteinander bilden. — Die Mannbarkeit tritt bei im Schlusse aus Samen erwachsenen Bäumen meist nicht vor dem 40., im Freistand nicht vor dem 25. Jahre ein, bei Stockausschlägen oft schon mit dem 10. Jahre, Laubausbruch im April, Blütezeit Ende April oder Mai (Juni), Fruchtreife im September, Abfall von Oktober an. Samenjahre in der Ebene fast alljährlich, im Gebirge alle 2—3 Jahre. Keimfähigkeit 50—60%, Dauer der Keimkraft ca. 1 Jahr. Das Auflaufen erfolgt bei Frühjahrssaat nach 5—6 Wochen mit großen, zungenförmigen, parallelnervigen Keimblättern. Erstlingsblätter spitz eiförmig, grob gesägt. Die einjährige Pflanze wird 10—15 cm lang, der Höhenwuchs ist in der Jugend bis zum 20. oder 30. Jahre rascher als bei der Rotbuche, läßt dann nach und ist mit 80 bis 100 Jahren mit ca. 20—25 m Gesamthöhe abgeschlossen, doch dauert das Dickenwachstum unter günstigen Umständen noch sehr lange an und der Baum kann 2—3 m Durchmesser und ein Alter von 400—500 Jahren erreichen. Im Bestandesschluß bildet der Bergahorn sehr regelmäßige, vollholzige, hoch hinauf astreine Stämme, während er im Freistand eine tiefangesetzte, sehr starkästige, mächtige, schattende Krone und einen dickeren, abholzigen Stamm entwickelt. Die in der Jugend vorhandene Pfahlwurzel läßt bald nach und im Alter besteht das Wurzelsystem aus einigen starken, tief in den Boden dringenden, wenig verzweigten Herzwurzeln, nur auf schlechtem Boden kommen weitausstreichende Seitenwurzeln zur Ausbildung. Das Stockausschlagvermögen liefert reichliche und raschwüchsige Ausschläge, ist aber nicht andauernd. Die Rinde bleibt lange glatt und grau und bildet erst spät eine hellbräunliche, in flachen, breiten Schuppen abblätternde, sehr charakteristische Borke. Das zerstreutporige Holz ist von schöner, weißer Splintfarbe; seine engen, sehr gleichmäßig verteilten Gefäße sind mit bloßem Auge nicht zu erkennen, die Jahrringgrenzen dagegen und die verschieden starken Markstrahlen sehr scharf. Das Bergahornholz ist ein zu sehr mannigfachen Zwecken brauchbares Nutzholz; es ist mittelschwer (0,53—0,79, im Mittel 0,60), ziemlich feinfaserig, atlasglänzend, fest, ziemlich elastisch, mittel-zähbiegsam, hart, schwer- aber geradspaltig, nur im Trocknen von Dauer, dem Wurmfraß wenig ausgesetzt, mäßig schwindend und sehr brennkräftig. An alten, im Freistand erwachsenen Bäumen zeigt die untere Stammpartie oft schönen, sehr geschätzten Maserwuchs. Das natürliche Verbreitungsgebiet deckt sich ungefähr mit dem der Weißtanne und ist durch Kultur weit über die natürlichen Grenzen erweitert; seine größte Vollkommenheit erreicht der Baum in der Alpenzone. Er tritt meist nur eingesprengt oder horstweise, namentlich in Bergwäldern oder freistehend auf Alpenmatten auf. Nach seinen Standortsansprüchen gehört er, mit Ausnahme der Wärme, an die er mäßige Anforderungen stellt, zu den anspruchsvollsten Holzarten und erreicht nur auf tiefgründigem und lockerem, mineralkräftigem Boden vollkommene Entwicklung. Ebenso gehört er zu den wasserbedürftigsten Holzarten, verlangt einen stets frischen Boden und gedeiht auch in feuchten Gebirgstälern freudig, nicht aber in stauender Nässe. In den tieferen Lagen bevorzugt er die luftfeuchteren Schattenseiten, in den höheren die Sonnenseiten. Sein Lichtbedürfnis ist in der Jugend auf günstigem Standort ein mäßiges und reine Horste verlichten sich verhältnismäßig spät. In höherem Alter verträgt er aber Ueberschirmung sowie Bedrängung der Krone durch Nachbarbäume schlecht.

2.* Acer platanoïdes Linné, der Spitzahorn, ist von geringerer Bedeutung für den Wald als der Bergahorn, von welchem er sich durch fol-



gende Merkmale unterscheidet: Knospen, an der Spitze der Triebe gehäuft, stumpfeiförmig, meist rot überlaufen, den glänzend braunen Zweigen angedrückt, die unteren etwas armschuppiger. Blätter beiderseits kahl und glänzend grün mit buchtig und fein zugespitzt gezähnten Lappen, die durch gerundete Buchten voneinander getrennt sind. Die Stiele und Rippen jüngerer Blätter enthalten einen weißen Milchsaft. Blüten (manchmal 2häusig) in aufrechten, reichblütigen Ebensträußen vor dem Laubausbruche (selten mit demselben) aufblühend. Die Flügel der beiden Teilfrüchte bilden mit ihren Rückenlinien einen sehr stumpfen Winkel. Die Samenproduktion ist im allgemeinen noch reichlicher. Die Mannbarkeit tritt 5—10 Jahre früher ein. Die Bewurzelung geht etwas weniger tief, aber mehr in die Breite. Der Höhen- und Stärkewuchs ist, wenigstens in Mitteleuropa, im ganzen geringer als beim Bergahorn, wenn auch anfänglich etwas rascher. Das Alter überschreitet selten 150 Jahre. Die Rinde bildet frühzeitig eine vorwiegend längsrissige, schwärzliche, nicht abblätternde Borke. Das Holz ist dem des Bergahorn sehr ähnlich, schwer (0,56—0,81) im Mittel 0,74), etwas grobfaseriger und steht jenem an Güte und Wert etwas nach. — Das natürliche Verbreitungsgebiet des Spitzahorns umfaßt die nördliche Hälfte Europas, wo er in Schweden bis 61 °, in Norwegen bis 63 ° n. B. geht. Vorwiegend ein Baum der Ebene und des Hügellandes, bleibt er in den Alpen, wo er viel seltener als der Bergahorn ist, weit hinter jenem zurück. Am häufigsten ist er in Auenwäldern, kommt aber auch dort fast stets nur eingesprengt vor. In seinen Standortsansprüchen ist er etwas bescheidener als der Bergahorn, namentlich hinsichtlich der Tiefgründigkeit und der Frische des Bodens; er kann aber noch auf nassem Bruchboden fortkommen und zeigt überhaupt ein etwas größeres Anpassungsvermögen.

3.* Acer campéstre Linné, der Feldahorn oder Maßholder, hat kleine, eiförmige, vielschuppige Knospen, kleine, ca. 5—7 cm lange, handförmige, 3—5 lappige Blätter mit meist stumpfen Lappen, von denen der mittelste stets 3 lappig ist, während die seitlichen ganzrandig oder gelappt sind. Blattstiele und junge Triebe wie beim Spitzahorn mit Milchsaft. Blüten in aufrechten oder zuletzt überhängenden Ebensträußen, meist mit, seltener nach der Entfaltung der Blätter aufblühend. Früchte etwas kleiner als bei vorigen, mit gerade abstehenden, oft einen überstumpfen Winkel bildenden, rötlichen Flügeln. — Der Feldahorn ist von den einheimischen Arten am trägwüchsigsten, bleibt auf schlechtem Boden vielfach strauchartig oder entwickelt bis höchstens 10 m hohe Bäume, während er unter günstigsten Bedingungen in 50—60 Jahren 12—14 m Höhe, ausnahmsweise später auch 20 m erreichen und, namentlich im Freistand, erheblich über 100 Jahre alt und 60—70 cm stark werden kann. Bewurzelung reich verästelt und je nach Standort mehr oder weniger tief. Rinde jung lebhaft braun und glänzend, an ein- und mehrjährigen Zweigen, namentlich bei strauchigen Formen, oft von echtem Kork ringsum korkflügelig, später eine netzartig aufgerissene (im Schlusse eine mehr rechteckig gefelderte), hell-graubraune, korkreiche Borke bildend. Das häufig Maserwuchs zeigende Holz ist rötlichweiß, läßt die Markstrahlen mit bloßem Auge meist nicht mehr erkennen und enthält zuweilen bräunliche Markflecke; es ist noch etwas schwerspaltiger als das der vorigen Arten, mit denen es sonst im wesentlichen übereinstimmt, ein geschätztes Material für Drechsler und Bildschnitzer. — Das Verbreitungsgebiet des Feldahorn umfaßt,

mit sehr ungleicher Verteilung, den größten Teil Europas mit Ausnahme des nördlichen Skandinaviens und Rußlands, sowie Griechenlands und der Südhälfte Spaniens. Als Baum der Ebenen und des Hügellandes findet er sich in Feldgehölzen und Hecken, an Waldrändern und eingesprengt im Mittel- und Niederwald. Auch als Heckenpflanze wird er wegen seines großen Ausschlagvermögens gelegentlich gezogen. In seinen Standortsansprüchen ist er hinsichtlich des Bodens genügsamer und anpassungsfähiger als der Berg- und Spitzahorn, verträgt auch mehr Beschattung, obwohl er nur im vollen Lichtgenuß zum stattlichen Baume erwächst; dagegen ist er wärmebedürftiger.

§ 92. 4. Acer monspessulánum Linné, der französische Ahorn, ist eine trägwüchsige, dem Feldahorn ähnliche Holzart, die mit Vorliebe sonnige, steinige Standorte bewohnt und sich außer im ganzen Mittelmeergebiet als Holzart des Berglandes in den südlichen Kronländern Oesterreich-Ungarns, in der südlichen und westlichen Schweiz, in der Pfalz und im mittleren Rheingebiet und Umgegend zerstreut vorfindet. Die kleinen, 4—6 cm langen, 3lappigen und 3nervigen, unterseits graugrünen Blätter mit meist ungeteilten bis welligen, stumpfen Lappen und die kahlen Früchte, deren kahle, rötliche Flügel abstehen und mit den Rändern oft übereinander greifen, unterscheiden ihn leicht vom Feldahorn.

5. Acer saccharínum Wangenheim (nicht Linné) der Zuckerahorn (A. Saccharum Marshall), aus dessen Saft in seiner Heimat Zucker bereitet wird, ein Baum, um den wir, nach Mayr, allen Grund haben, die Amerikaner zu beneiden, ist im ganzen östlichen Nordamerika verbreitet und im nördlichen, klimatisch unseren Buchenrevieren ähnlichen Teil dieses großen Gebietes hervorragend an der Waldbildung beteiligt; auch in Deutschland haben wir alte Stämme von 25—30 m, da der Baum schon 1735 als Parkbaum eingeführt wurde. Blätter variabel, 3—5lappig, denen des Spitzahorns ähnlich, aber nicht milchend, unterseits meist graugrün und zerstreut weichhaarig, vor Eintritt des Frostes im Herbste orange-purpurrot. Blüten in schlaffhängenden Ebensträußen, lang gestielt, ohne Blumenkrone. Früchte kahl, kugelig, mit ziemlich breiten, aufgerichteten Flügeln. Die hellgraue, lange geschlossen bleibende Rinde bildet eine braune, schmalrissige Borke, die sich im hohen Alter in lose hängenden Fetzen abschält. Das sehr wertvolle, rötlichweiße Holz ist ziemlich schwer (0,65—0,75), fest, seidenglänzend und ziemlich feinfaserig, schwer aber glattspaltig und zeigt ziemlich häufig schöne Maserbildung (Birds eye maple). In seinen Standortsansprüchen steht der Zuckerahorn unserem Spitzahorn nahe, er hat eine tief gehende Bewurzelung, ist in den ersten Lebensjahren etwas trägwüchsiger und verlangt Seitenschutz; vom 5. Jahre geht er bei uns in die Höhe und ist mit 6 Jahren schon 2 m hoch. Er ist voraussichtlich als eine wertvolle Einführung zu betrachten, wenn auch der Hauptsache nach als Alleebaum.

6. Acer dasycárpum Ehrhart (= A. saccharínum Linné), der Silberahorn, auch weißer oder wollfrüchtiger Ahorn genannt, stammt aus dem gleichen Verbreitungsgebiet wie der vorige. Schon in der 1. Hälfte des 17. Jahrhunderts in Europa eingeführt, ist der schöne, raschwüchsige Baum, der frischen, lockeren, kräftigen Boden verlangt, schon in der Jugend ein äußerst kräftiges Wurzelsystem entwickelt und bei uns vollständig frost- und winterhart ist, vielfach als Zier- und Alleebaum angepflanzt. Die zierlich geformten Blätter sind bis 12 cm lang, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits matt bläulich-

weiß, tief handförmig 5lappig, die tief eingeschnitten gesägten Lappen berühren sich wie zwei sich schneidende Kreisbogen. Endknospe spitz, nur von zwei kleinen Seitenknospen umgeben, nicht größer als die Seitenknospen, mit den beiden untersten, bis zur Spitze reichenden Schuppen die übrigen verdeckend; Seitenknospen angedrückt, mehrschuppig. Blüten rötlich, im Gegensatz zu allen vorhergehenden ohne Diskus, sehr kurz gestielt, ohne Blumenkrone, in dichten, aufrechten Büscheln lange vor dem Laubausbruch aus Seitenknospen hervorbrechend, etwa Ende März und ca. 14 Tage früher als beim Spitzahorn; Fruchtknoten dicht filzig; Früchte zuletzt kahl, mit sehr großen Flügeln, schon in der 1. Hälfte Juni reifend und am besten gleich ausgesät. Keimung nach 14 Tagen bis 3 Wochen. 50jährige Bäume erreichen noch in Mitteldeutschland bis 30 m Höhe. Die lange glatt bleibende, graue Rinde bildet später eine dünnschuppige Borke. Das weißliche Holz ist mittelschwer (0,52—0,71), leichtspaltig, aber nicht elastisch, unsern einheimischen Arten nachstehend. Da überdies der Baum Neigung zu sperriger Kronenbildung aufweist und wegen seines spröden Holzes leicht vom Winde zerfetzt wird, dürfte seine Anbauwürdigkeit im Walde eine beschränkte bleiben.

7. Acer Negúndo Linné (Syn. Negundo aceroídes), der eschenblätterige Ahorn, ist ein, namentlich in Süddeutschland, vielfach als Park- und Straßenbaum angepflanzter Ahorn des östlichen Nordamerika. Blätter groß, unpaarig gefiedert, mit meist 2, seltener 1 oder 3—5 Paaren von eilanzettlichen, 5—10 cm langen, meist kahlen, seltener unterseits etwas behaarten Fiederblättchen. Blüten lange vor dem Laubausbruch aus seitenständigen Knospen, 2häusig, klein, grünlich, ohne Diskus und Blumenkrone, die männlichen langgestielt, mit nur 4—6 sehr langen und feinen Staubfäden, in hängenden Büscheln, die weiblichen in schlaffen, hängenden Trauben. Früchte klein, kahl, auffallend hell, mit durchscheinenden, spitzwinkelig zusammenstoßenden, oft einwärts gekrümmten Flügeln. Die anfangs glatte, gelbgraue Rinde bildet später eine quer- und längsrissige, dicke Borke. Das Holz ist hellgelb, von spez. Gewicht 0,55—0,60, hart und spröde. — Der eschenblätterige Ahorn ist auch bei uns in der Jugend ungemein raschwüchsig, doch läßt der Höhenwuchs meist schon vom 6. Jahre ab nach und wird dann von unseren gewöhnlichen Ahornarten überholt; außerdem ist der Wuchs der sehr starken Krone ein ungemein sperriger. Schon im 1. Jahre entwickelt diese Art eine bis 50 cm lange Pfahlwurzel mit mehreren kräftigen Seitenwurzeln; später überwiegt das Wachstum der Seitenwurzeln, die bereits im 3. Jahre 1 ½ m Länge erreichen können. Diese sehr frühzeitig ergrünende, gegen Beschattung empfindliche Lichtholzart besitzt ein großes Ausschlagvermögen, ist namentlich auf Freilagen etwas frostempfindlich und verlangt einen frischen bis feuchten, lockeren, etwas lehmigen Boden, gedeiht sogar auf Moorboden noch recht gut, während er auf trockenem Boden überall versagt hat und nach Schwappach für den forstlichen Betrieb in Deutschland nicht weiter in Betracht kommt.

§ 93. Aus der Familie der Hippocastaneaceae ist die in den Gebirgen Nordgriechenlands in schattigen Waldschluchten der unteren Tannenregion, in einer Meereshöhe von 1000—1300 m heimische, als Zier- und Alleebaum allenthalben verbreitete Aesculus Hippocástanum Linné, die gemeine Roßkastanie (fr. Marronier) ihrer Schönheit und ihrer als Wild-

futter wertvollen, sehr stärkereichen Samen halber meist von bescheidener forstlicher Bedeutung und an Waldstraßen, Bestandesrändern und freien Plätzen im Walde gelegentlich angepflanzt. Knospen sehr groß, namentlich die Endknospen, klebrig, glänzend, mit mehreren kreuzweis gestellten, lederigen, rotbraunen Schuppenpaaren. Blätter gegenständig, langgestielt, gefingert mit 5—7 bis 20 cm langen, sitzenden Blättchen. Blüten nach dem Laubausbruch in großen, aufrechten, schlank kegelförmigen, aus Wickeln zusammengesetzten Trauben, zumeist rein männlich, zum kleinen Teil zwitterig oder weiblich, mit meist 5 weißen, gelb- oder rotgefleckten Blumenblättern und meist 7 niedergebogenen Staubfäden. Frucht kapseln bis 5 cm groß, kugelig, ziemlich weichstachelig, 3 große, rotbraune, rundliche Samen, die „Roßkastanien" enthaltend, die den „Früchten" der Edelkastanie sehr ähneln und mit dicken, fleischigen Keimblättern 3—4 Wochen nach Frühlingssaat keimen. Die junge Pflanze erreicht schon im 1. Jahre eine Höhe von ½ m und bildet eine lange Pfahlwurzel, die aber später bald nachläßt, so daß die Bewurzelung hauptsächlich flach und weit ausstreichend wird. Der raschwüchsige Baum, der auf gutem Standort schon mit 10—15 Jahren mannbar werden kann, hat in der Regel eine tiefangesetzte, starkästige, breite Krone, die durch die Horizontalstellung der großen Blätter sehr schattet, aber auch viel Schatten verträgt. Die Höhe des Baumes kann bis 20 m, die Dicke bis über 1 m, das Alter bis ca. 200 Jahren betragen. Der kurze, starke, vollholzige Stamm ist stets nach rechts drehwüchsig. Das sehr gleichmäßige, mäßig schwindende (5%), leichte, gelblichweiße, weiche und leichtspaltige, zerstreutporige Holz hat geringe Dauer, unzureichende Festigkeit und geringen Brennwert.

2. Aésculus cárnea Willdenow (= A. rubicúnda Lodd), die rote Roßkastanie, ein Bastard Aesc. Hippocastanum × Pavia hat kleinere, kurzgestielte Blättchen, die in der Mitte am breitesten sind, rosa bis purpurrote, gelbgefleckte, beinahe 2 lippig glockig zusammenschließende Blumenblätter, aufrechte Staubfäden (meist 8), nicht klebrige Knospen und kleinere, meist glatte, seltener teilweise stachelige Früchte. Häufig als Zier- und Alleebaum, etwas frostempfindlicher, ca. 14 Tage später blühend.

Aesculus Pavía L. (= P. rubra Lmk.), mit vier schmutzig purpurnen, langbenagelten Blumenblättern, die länger sind, als die geraden, behaarten Staubfäden und Aesculus fláva Aiton (= P. flava Dc) mit hellgelben Blüten sind Zierbäume aus Amerika mit nicht klebrigen Knospen und meist stachellosen, nur halb so großen Früchten.

§ 94. Paliúrus aculeátus Lamarck, der gemeine Stechdorn aus der Familie der Rhamnaceae, ist ein im Mittelmeergebiet verbreiteter, bis zur Südschweiz, Südtirol, Krain und dem österreichischen Küstenlande reichender, 2—5 m hoher, sehr sperriger Strauch, der auf steinigen, sonnigen Plätzen wächst, oft auch zu Hecken angebaut wird und im Walde seiner scharfen Dornen halber ein höchst lästiges Forstunkraut ist. Er hat ca. 2—3 cm lange, eiförmige, 2 zeilig gestellte Blätter mit 3 Längsrippen; die Nebenblätter sind in scharfe Dornen umgewandelt, von denen der eine vorgestreckt, der andere zurückgekrümmt ist.

1.* Rhámnus cathártica Linné, der gemeine Kreuzdorn (franz. Nerprun), mit schwarzbraunen, eikegelförmig spitzen, mehrschuppigen, einander meist schief gegenüberstehenden Knospen, mit 3—6 cm



großen, breit eilanzettlichen, feingesägten, gegenständigen Blättern mit bogenläufigen Nerven, 2 häusigen, in achselständigen Büscheln stehenden, kleinen, grünlichen, 4 zähligen Blüten und erbsengroßen, schwarzen Steinfrüchten mit meist 4 Kernen, bildet sehr sperrige Sträucher von 2—3 m Höhe, seltener kleine Bäume, die 6—8 m hoch und über ein Jahrhundert alt werden können. Fast sämtliche Langtriebe endigen mit einem stechenden Dorn, bei weiterer Verzweigung werden diese Dornen gabelständig; nur die knotigen Kurztriebe älterer Sträucher besitzen eine Endknospe. Das sehr dauerhafte, harte, schwerspaltige, im Kern schön orangerote Holz ist durch die Verteilung der Gefäße im Jahresring „geflammt" und ein geschätztes Drechslerholz; die Beeren liefern die Malerfarbe „Saftgrün". Der Stockausschlag nach dem Abhieb ist unbedeutend, dagegen bildet der Kreuzdorn leicht Wurzelsprosse und Absenker, durch die er sich besser als durch Samen vermehren läßt; er ist eine trägwüchsige, lichtbedürftige Holzart der Ebene und des Hügellandes, besonders auf steinigem Kalkboden an Waldrändern, als Unterholz in lichten Wäldern, in Feldgehölzen und Hecken durch beinahe ganz Europa mit Ausnahme des höheren Nordens verbreitet.

Rhamnus saxátilis Jacquin und Rhamnus intermédia Steudel et Hochstetter sind südeuropäische, kleinblätterige, sperrig-dornige Kleinsträucher ohne forstliche Bedeutung, von denen der erstere mit 2—3 cm langen, zarten Blättern noch in Süddeutschland vorkommt, der letztere mit nur 1—1 ½ cm langen, derben Blättern aber über die österreichischen südlichen Alpenländer nicht hinausgeht. Zu den Wegdornen mit einzeln stehenden Blättern und dornenlosen Zweigen und ebenfalls 2 häusigen, meist 4 zähligen Blüten gehören: 2. Rhamnus carniólica Kerner, der steyrische Wegedorn, ein bis 3 m hoher Strauch der südöstlichen Kalkalpen, bis Kroatien und Dalmatien an felsigen Abhängen wie als Unterholz in Nadelwäldern verbreitet, mit weißbucheähnlichen, 5—10 cm langen Blättern, die 16—20 parallele Nervenpaare besitzen. 3. Rhamnus alpína Linné, mit vorstehendem oft verwechselt, mit etwas breiteren, mehr an die Weißerle erinnernden Blättern, die im allgemeinen nur 10—14 Nervenpaare besitzen, hauptsächlich im felsigen Buschwald der Westschweiz und des Jura zerstreut. 4. Rhamnus púmila Linné, der zwergige Wegedorn, ein Kriechstrauch der Kalkalpen, mit meist nur 6 Nervenpaaren und knorrigen, dem sonnigen Fels angeschmiegten Zweigen.

Zu den Faulbäumen mit nackten Knospen, 5 zähligen Zwitterblüten und bei der Keimung unterirdisch bleibenden, dicken Keimblättern gehört:

6. Rhámnus Frángula Linné, der gemeine Faulbaum oder das Pulverholz (Syn. Frangula Alnus Miller), mit braunfilzigen Knospen, 4—7 cm langen, wechselständigen, meist verkehrt eiförmigen, ganzrandigen, kurzgespitzten, fiedernervigen Blättern, kleinen, grünlichweißen, fünfzähligen, zwitterigen, in kleinen, blattwinkelständigen Trugdolden stehenden Blüten und schwarzen, höchstens drei Steinkerne enthaltenden, kugeligen Steinfrüchten, bildet ansehnliche Büsche oder kleine, 5—7 m hohe Bäume mit aufstrebenden, rutenförmigen Zweigen, deren violett- oder dunkelbleigraue, innen gelbe Rinde mit auffälligen, weißlichen Lentizellen besetzt ist. Das Holz, mit schmalem, gelblichem Splint, leuchtend gelbrotem Kern mit gleichmäßig zerstreuten, kleinen Gefäßen, liefert die vorzüglichste Kohle zur Schießpulverbereitung.— Die in der Jugend raschwüchsige Holzart, die nach dem

Abhieb reichlichen und raschwachsenden Stockausschlag liefert und sich auch durch Wurzelbrut vermehrt, liebt frischen bis anhaltend feuchten Boden, verträgt selbst noch sumpfigen und moorigen Boden und kommt als häufiges Unterholz in Mittel- und Niederwäldern, am liebsten in Auwaldungen, durch fast ganz Europa in der Ebene wie im Gebirge vor.

§ 95. Die Gattung Tilia, Linde, aus der Familie der Tiliaceae, hat 2zeilige Blätter mit abfallenden, zungenförmigen Nebenblättern. Jahrestriebe ohne Gipfelknospe, 5 Kelch-, 5 Blumenblätter, zahlreiche Staubgefäße, 5fächeriger Fruchtknoten mit 2 Samenanlagen in jedem Fach. Die langgestielten, trugdoldigen Blütenstände sind mit einem eigentümlichen, bleichgrünen Blatt, dem „Flügelblatt" verwachsen und stehen neben einer Knospe in den Achseln von Laubblättern. Der Blütenstand ist der Achselsproß, welcher mit 2 Blättern, dem Flügelblatt und einer diesem gegenüberstehenden Knospenschuppe beginnt. In der Achsel der letzteren steht die Winterknospe. Von den 31 Lindenarten sind nur 3 in Mitteleuropa einheimisch. Nervatur der Blätter handförmig, mit stärkerer, fiederförmig verzweigter Mittelrippe und schwächeren Seitennerven, welche nur nach außen parallele Nebenrippen entsenden.

1.* Tília parvifólia Ehrhart (syn. T. cordáta Miller, ulmifólia Scopoli). Kleinblättrige Linde, Winterlinde (franz. Tilleul). Knospen etwas schief über kleinen Blattnarben, stumpf eiförmig, mit zwei glatten, grünbraunen oder rotbraunen Schuppen, von denen die äußere klein und eiförmig, die innere groß und zweilappig umfassend ist. Blätter sehr vielgestaltig, langgestielt, am Grunde ungleich, breitherzförmig, lang zugespitzt, am Rande gesägt, ca. 4—7 cm lang, oberseits dunkelgrün, kahl, unterseits (außer bei Stockausschlägen und Schattenblättern) matt bläulichgrün, in den Nervenwinkeln rostrot gebartet. Blütenstände reichblütig (meist 5—11, mindestens aber mehr als 3). Frucht ein einsamiges, rostbraunes, birnförmiges Nüßchen, dessen Fruchtwand sich leicht zwischen den Fingern zerdrücken läßt. — Die Mannbarkeit tritt frühzeitig ein, im Freistand mit 20—30 Jahren, an Stocklohden oft schon mit 15—20 Jahren, und der Baum blüht und fruchtet dann fast alljährlich reichlich. Laubausbruch Anfang April bis Anfang Juni, Blütezeit Juni oder Juli. Fruchtreife im August oder September. Keimfähigkeit 50—60%. Die Keimung der im Frühjahr gesäten Früchte erfolgt gewöhnlich erst im nächsten Frühjahr, oberirdisch, mit zwei großen, handförmig gelappten Keimblättern. Der Höhenwuchs ist in den ersten Lebensjahren sehr langsam, dann, bis etwa zum 60. Jahre rascher, aber selten mehr als 15 cm pro Jahr, hierauf wieder langsamer und mit ca. 130 bis 150 Jahren mit ca. 18 m beendet. Das Dickenwachstum kann noch mehrere Jahrhunderte lang andauern und ganz gewaltige Dimensionen liefern. Im Freistand bildet die Winterlinde sehr kurze, dicke Stämme mit sehr tief angesetzter, breit ausladender, viel- und starkästiger, dichtbeblätterter, sanft abgewölbter Krone, im Schlusse dagegen vermag sie zu einem bis 25 m hohen, vollholzigen, astreinen Baum, mit hoch angesetzter, kleinerer, kugelförmiger Krone zu erwachsen.

Das Ausschlagvermögen und die Neigung zur Maserbildung am unteren Ende des Stammes ist sehr beträchtlich. Bewurzelung kräftig, aus mehreren in die Tiefe gehenden, starken Herzwurzeln und oberflächlich oft weitstreichenden Seitenwurzeln. Rinde sehr reich an zähen, dickwandigen Bast-

faserbündeln, die auf dem Querschnitt in keilförmigen Figuren angeordnet sind, an jungen Zweigen braun, glatt, im Alter eine dunkelfarbige, längsgefurchte Tafelborke bildend. Das zerstreutporige, (an jungen Zweigen fast ringporige), rötlich- oder gelblichweiße Holz ohne gefärbten Kern, schwindet stark (7 %), ist auf den Spaltflächen schwach seidenglänzend, ziemlich grobfaserig aber gleichmäßig gefügt, leicht (0,52), sehr weich, leicht- aber nicht glattspaltig, elastisch, in mittlerem Grade biegsam, wenig fest und dauerhaft und nur im Trockenen zu verwenden (Schnitzholz), wenig brennkräftig. Die Markstrahlen sind auf dem Querschnitt mit bloßem Auge noch als feine Linien sichtbar, die Jahrringgrenzen infolge des geringen Unterschieds zwischen Früh- und Herbstholz undeutlich, die Gefäße sind zahlreicher als beim Ahorn und nicht wie bei Betula zu Gruppen vereinigt. Feucht gelagertes, frisches Lindenholz vergrünt oberflächlich; nach 8 bis 10 Tagen ist es meist schon deutlich schmutziggrün, im Laufe der Zeit kann die Färbung noch erheblich zunehmen und so intensiv werden, wie bei der durch Peziza aeruginósa bewirkten Grünfäule der Laubhölzer. Bei der Vergrünung des Lindenholzes handelt es sich nach Neger (Natw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. Juni 1910) nur um eine Oxydation des Zellinhaltes lebender Holzelemente, die nichts anderes ist wie eine Eisen-Gerbstoffreaktion. — Das Verbreitungsgebiet der Winterlinde umfaßt den größten Teil Europas, in dessen nördlicher Hälfte sie die einzige wildwachsende Lindenart ist. An der Waldbildung ist sie im allgemeinen in untergeordnetem Maße beteiligt, besonders in der südwestlichen Hälfte Mitteleuropas, während sie in der nordöstlichen, in Laub- und Mischwäldern eingesprengt oder an Waldrändern häufiger vorkommt; bestandbildend tritt sie, meist mit Eichen gemengt, seltener rein, fast nur im mittleren Rußland auf. Als Baumart des Flachlandes ist ihre Höhenverbreitung im allgemeinen gering, bis ca. 600 m, nur in der Schweiz und in Tirol soll sie bis 1200 m emporsteigen. In ihren Standortsansprüchen ist sie hinsichtlich ihres Wärme- und Lichtbedürfnisses (Schattenholzart) sehr bescheiden und gedeiht auf den verschiedenartigsten Böden gut, vorausgesetzt, daß dieselben tiefgründig, mineralkräftig, frisch und locker sind; sehr trockener und leichter Boden sagt ihr nicht zu.

2.* Tília grandifólia Ehrhart (syn. T. platyphýllos Scopoli). Großblätterige Linde, Sommerlinde, Baum vom Wuchse der vorhergehenden Art, die sie an Schönheit der Erscheinung noch übertrifft; noch weniger Waldbaum; als Allee- und Parkbaum wie als Dorflinde aber häufiger angepflanzt. Knospen und Zweige im allgemeinen derber, Blätter noch variabler, größer, ca. 4—10 cm lang, weicher, meist beiderseits etwas behaart, unterseits etwas heller grün, glänzend, in den Nervenwinkeln weißlich gebartet. Blütenstände arm- (meist 2—5) blütig, hängend. Blüten etwas größer, ca. 14 Tage früher aufblühend, wie denn die Sommerlinde sich auch um so viel früher belaubt. Früchte ebenfalls größer, mit 5 kräftigen Längsrippen, hartschalig, nicht zwischen den Fingern zerdrückbar. Die Entwicklung ist ähnlich wie bei der Winterlinde, der Höhenwuchs etwas rascher, die Gesamthöhe (bis 33 m), der Stammumfang (bis 16 m) größer und das Maximalalter (gegen 1000 Jahre) höher. Das Holz ist noch weniger dicht (0,49), noch weicher und etwas weniger biegsam, schwindet etwas weniger (5,6 %) und hat noch geringere Brennkraft (68). Das Verbreitungsgebiet der Sommerlinde umfaßt die südliche Hälfte Europas bis zu den Kaukasusländern und bis zum Ural. Ueber das mittlere Deutschland dürfte ihr natürliches Vorkommen nicht hinausreichen. Auch bei ihr liegt das Maximum des Vorkommens in Rußland und

zwar im südlicheren, wo sie teils in reinem Bestand, teils mit Winterlinde und Stieleiche ausgedehnte Waldungen bildet. In den süddeutschen Gebirgen steigt sie etwas höher empor. Ihre Standortsansprüche sind ähnlich, aber etwas höher wie bei der Winterlinde.

§ 96.* Myricária germánica Desvaux (Syn. Támarix germánica L.) Deutsche Tamariske, aus der Familie der Tamaricaceae, 1—2 m hoher Strauch, mit gelbgrünen bis purpurroten, rutenförmigen Zweigen, hellblaugrünen, schuppenförmigen, dem gemeinen Heidekraut ähnlich gestalteten Blättern und kleinen, blaßrosa gefärbten, in endständigen, gedrungenen Aehren stehenden Blüten, dreiklappig aufspringenden Kapseln mit zahlreichen, sehr kleinen, eine weiße Haarkrone tragenden Samen, bewohnt in kleinen, dichten Beständen kiesige Ufer und Sandbänke der Alpen- und Karpathenflüsse, dieselben namentlich im Donau- und Rheingebiet weit in die Ebene begleitend. Ausschlagvermögen aus übersandeten Aesten und Zweigen sehr groß.

*Hippóphaë rhamnoídes Linné. Gemeiner Sanddorn, Oelweide, Seekreuzdorn, aus der Familie der Elaeagnaceae. Der auffallend sperrige, 2häusige Strauch von 2½—3 m, seltener kleine Baum von 5—7 m, mit 5—8 cm langen, schmalen, oberseits graugrünen, unterseits silberweiß beschuppten Blättern, scharf dornspitzigen Zweigen und zahlreichen, leuchtend orangegelben, erbsengroßen Scheinbeeren (vom fleischig gewordenen Perigon umgebenen Nüßchen), bewohnt ganz Europa und findet sich in Mitteleuropa auf Sandboden der Nord- und Ostseeküsten, sowie auf sandigem oder kiesigem Alluvium der Alpenflüsse, häufig in Gesellschaft der vorigen, sowie von Salix incana. Vermöge seiner weit ausstreichenden, reichlich Wurzelbrut liefernden Bewurzelung eignet er sich zur Bindung von Flugsand an Flußufern und Meeresküsten, auch zur Heckenbildung. An den Wurzeln sitzen ähnliche Wurzelknöllchen, wie bei den Erlen (siehe diese), was dem Wachstum im nährstoffarmen Sandboden der Meeresküsten gewiß nur förderlich ist. Das 0,66 bis 0,73 schwere Holz besitzt schmalen, gelblichen Splint, lebhaft braunen Kern, schönen Seidenglanz auf dem Längsschnitt und ist zu Drechslerarbeiten benutzbar.

*Hédera Hélix Linné, der gemeine Epheu, aus der den Umbelliferen nahe stehenden Familie der Araliaceae, hat an den auf dem Waldboden kriechenden, an Bäumen und Mauern kletternden, unfruchtbaren, jugendlichen Trieben stumpf fünflappige, mattgrüne Blätter und zahlreiche, gleich hinter dem Vegetationspunkt auf der Schattenseite des Stämmchens angelegte Kletterwurzeln, an alten Pflanzen oben am Stamm und in der Krone der Bäume von der Unterlage abgewendete, fruchtbare Zweige ohne Luftwurzeln, mit herzförmigen oder eirautenförmigen, glänzenden Blättern. Er ist am üppigsten in Süd- und Südwesteuropa entwickelt, liebt feuchte Luft, hat langsames Wachstum und erreicht ein mehrhundertjähriges Alter. Aeltere Stämme sind oft von einem dichten Filz abgestorbener Adventivwurzeln bedeckt.

§ 97. Die Gattung Cornus, Hartriegel, aus der Familie der Cornaceae, ist bei uns durch zwei Arten vertreten:

1.* Córnus mas Linné, die Kornelkirsche, auch Judenkirsche, Herlitze genannt (franz. Cornouiller), hat dünne, graue Knospen mit einem weichen Schuppenpaar (die Blütenknospen sind kugelig und vielschuppig), grüne, unter der Endknospe 4kantige Zweige, lang zugespitzte, 5—8 cm lange, breit eilanzettliche, ganzrandige, gegenstän-



dige, unterseits in den Nervenwinkeln weiß gebartete Blätter mit bogenläufigen Nerven, kleine, gelbe, 4 zählige Blüten, die lange vor dem Laubausbruch, oft schon im Februar und März, in einfachen Dolden aus vorjährigen, kurzgestielten Seitenknospen oder seitlichen Kurztrieben hervorbrechen und zum weitaus größten Teil rein männlich sind. Die roten, eßbaren, ovalen, ca. 2 cm großen Steinfrüchte mit großem, 2 samigem Kern sind hängend. Die anfangs gelbgraue Rinde bildet später eine in dünnen, verbogenen Schuppen abstehende und abblätternde Borke. Das im Splint rötlichweiße, im Kern rotbraune bis fast schwarze Holz ist außerordentlich dicht und schwer (0,88—1,03), sehr fest, hart, äußerst schwerspaltig und zähe und ein wertvolles Drechslerholz. — Die Kornelkirsche bildet sehr trägwüchsige Büsche oder kleine Bäume von ca. 3—8 m Höhe und kann ein Jahrhundert alt werden. Eine Holzart Süd- und Mitteleuropas (angebaut bis Christiania), die sich in der Ebene und im Hügelland als Unterholz, an Waldrändern usw. auf leichtem, humosem, kalkhaltigem Boden häufig in den ungarischen Donauauen sowie in den niederösterreichischen Schwarzkiefernbeständen findet, sonst in der rheinischen, süddeutschen und Alpenzone und in Thüringen sehr zerstreut und vielfach nur verwildert auftritt.

2.* Córnus sanguínea Linné, der gemeine Hartriegel oder rote Hornstrauch, hat nackte Knospen, unter der Endknospe etwas zusammengedrückt 2 kantige, im Winter blutrote Zweige, etwas breitere, kurz zugespitzte, unterseits nicht gebartete Blätter und weiße, in reichblütigen Trugdolden am Ende junger, beblätterter Triebe stehende, erst im Mai oder Juni aufblühende Blüten, sowie erbsengroße, blauschwarze Steinbeeren. Das vorzügliche Holz hat keinen gefärbten Kern, ist weniger schwer (0,77 bis 0,88), aber sehr hart, fest und zäh und dient zu ähnlichen Zwecken. — Die trägwüchsige Holzart bildet in 15—20 Jahren 3—3 ½ m hohe Büsche und wird selten älter als 30 Jahre. Außer durch die meist erst im 2. Jahre auflaufenden Samen vermehrt sich der Hornstrauch durch Absenker und Wurzelbrut und besitzt gleichfalls ein großes Ausschlagvermögen aus dem Stock. Sein Verbreitungsgebiet umfaßt beinahe ganz Europa und kommt diese Holzart der Ebenen und des Hügellandes, die starke Beschattung verträgt und lockeren, kalkhaltigen Boden bevorzugt, häufig eingesprengt im Niederwald, an Waldrändern, als Unterholz im Mittelwald, in Feldhölzern, Hecken usw. vor.

§ 98. Die Heidearten und sonstigen holzigen Vertreter der Familie der Ericaceae, wie die Vacciniumarten, die Alpenrosen (Rhododéndron), die Bärentrauben (Arctostáphylos) und der Porst (Lédum palústre) spielen im Walde lediglich die Rolle von forstlichen Unkräutern, die unter Umständen verdämmend auf den jungen Holzwuchs wirken können. Die im Herbst blühende Callúna vulgáris Salisbury, das gemeine Heidekraut oder die Besenheide, ist weitaus die verbreitetste, gesellig wachsende Heideart und unterscheidet sich von den echten Heiden (Erica) durch ihre (rosagefärbten), die Blumenkrone glockig überragenden Kelchblätter. Sie findet sich in der Ebene wie im Gebirge als bodenstete Pflanze am häufigsten auf armem Sand- und Moorboden, teils mit anderen Zwergsträuchern „Heiden" bildend, teils als Unterholz in lichten Wäldern, namentlich Kiefernwäldern, selbst auf dem ärmsten Boden noch gut gedeihend und ihm allein noch nutzbare Erträge abringend, nicht etwa weil sie für solchen

Boden besondere Vorliebe hat, sondern weil sie auf besserem Boden von anderen Arten verdrängt oder zurückgedrängt wird. Immerhin gedeiht sie als trägwüchsige Pflanze nur auf nährstoffarmen Böden, ihr Alter überschreitet selten 12 Jahre, ihre Vermehrung findet hauptsächlich durch Samen und — nach Heidebrennen — durch Stockausschlag statt. Ihr reichliches Vorkommen zeigt stets eine weitgehende Verarmung des Bodens an. Nur in der Seenähe wächst sie auf ganz freien Schlägen in den ersten Jahren schneller als die Kiefer, läßt aber auf Flächen, die sie bereits beherrscht, nur schwer andere Holzarten aufkommen, da ihr dichter Wurzelfilz Rohhumus bildet, der das Wachstum wertvollerer Holzgewächse außerordentlich erschwert oder gar verhindert.

Die ebenfalls langsamwüchsige Heidelbeere, Vaccínium, Myrtíllus Linné, teilt mit der Heide vielfach die Standorte, verträgt aber, im Gegensatze zu jener, auch die stärkste Beschattung, soweit es sich nur um bloße Erhaltung des Lebens handelt, bildet unter einer fast vollen Beschirmung noch zusammenhängende Bodenüberzüge und vermehrt und erhält sich außer durch Samen namentlich durch unterirdisch-kriechende, dünne Rhizome, die sog. Kriechtriebe.

§ 99. Aus der Familie der Oleaceae, der ölbaumartigen Laubhölzer mit 4zähligen Blüten, deren Staub- und Fruchtblätter auf 2 reduziert sind, und gegenständigen, nebenblattlosen Blättern, kommen folgende Arten in Betracht:

1.* Fráxinus excélsior Linné. Gemeine Esche (fr. Frêne). Knospen matt schwarzbraun bis schwarz, die Endknospe viel größer, meist mit nur 2 Knospenschuppen. Blätter groß (bis 40 cm), unpaarig gefiedert mit 4—6 (8) sitzenden, meist eilanzettlichen, zugespitzten, ca. 4—10 cm langen, am Rande klein gesägten, von der Spitze an Größe zunehmenden, meist kahlen Fiederpaaren. Blüten nackt, nur aus Staubgefäßen mit herzförmigen Staubbeuteln und Fruchtknoten mit 2lappiger Narbe bestehend, dunkel purpurn oder violett, in mehr oder weniger dichten Büscheln oder Rispen, polygam oder 2häusig, vor dem Laubausbruch aus Seitenknospen vorjähriger Zweige. Früchte flach zusammengedrückte, in einen zungenförmigen Flügel verlängerte, ca. 4 cm lange und 1 cm breite, hellbraune, kahle, 1samige Nüßchen in büscheligen, hängenden Rispen. — Die Mannbarkeit tritt bei Samenpflanzen im Freistand kaum vor dem 25., im Schluß erst mit dem ca. 40., bei Stocklohden oft schon mit dem 20. Jahre ein. Die Blütezeit fällt in den April oder Mai, der Laubausbruch Ende April bis Anfang Juni; männliche Bäume blühen viel reicher als weibliche bzw. polygame und ihre Blütenbüschel sind viel dichter. Samenreife von Ende Juli bis Oktober, Abfliegen der Früchte sehr allmählich den Winter über (bis ins Frühjahr hinein). Von der Aussaat bis zur Keimung bleiben die Eschensamen äußerlich unverändert; sie nehmen leicht Wasser auf und schon nach etwa 10 Tagen nach dem Abfall treten in dem wie das Endosperm vorher stärkefreien Embryo Stärkekörner auf, die nach mehrmonatlichem Liegen die Zellen des Embryos vollständig erfüllen, während die Proteïnkörner in den Endospermzellen allmählich verschwinden. Im Endosperm selbst treten keine Stärkekörner auf. Der vorher schon völlig differenzierte Embryo wächst also während des Keimverzugs im Endosperm und füllt nach etwa 6 Monaten den ganzen Raum zwischen den beiden Endospermhälften, während er diesen mit Schleim gefüllten Raum vorher nur zur Hälfte füllte. Zum Schlusse krümmt er sich aus Platzmangel abwärts. Eigentlich keimfähig sind die Eschensamen erst, wenn sie eine derartige Vorkeimung hinter sich



haben[1]). Samenjahre meist alle 2 Jahre. Die Keimung der im allgemeinen zu 60—70 % keimfähigen und ihre Keimkraft 1—3 Jahre bewahrenden Samen erfolgt darum bei Frühjahrssaat in der Regel erst im 2. Frühjahr mit 2, denen des Bergahorn ähnlichen, aber fiedernervigen, schmal ei- bis zungenförmigen, dickfleischigen Keimblättern, auf welche ein Paar einfacher, eilanzettlicher, dann ein solches 3zähliger und hierauf erst die Fiederblattpaare folgen. Im 1. Jahre bleibt die Pflanze klein, vom 2. an ist der Höhenwuchs rasch, im 3. oft schon mannshoch, zwischen dem 20. und 40. Jahre durchschnittlich ½ m pro Jahr, dann nachlassend, aber doch bis über das 100. Jahr aushaltend; bedeutendster Stärkezuwachs zwischen dem 40. und 60. Jahre. Auf gutem Boden kann die Esche 200—250 Jahre alt werden und über 30 m Höhe und bis 1,7 m Durchmesser erreichen. Bis etwa zum 30. Jahre entwickelt sie nur weitläufig beblätterte Langtriebe und ähnlich der Kiefer eine sehr regelmäßig verzweigte, ausgebreitete Krone. Später, auf schlechtem Boden auch schon vor dem 30. Jahre, entwickeln sich zahlreiche Kurztriebe, die sich alljährlich nur durch ihre Endknospe zu bogenförmig aufwärts gekrümmten, knotigen Kurzzweigen verlängern, so daß die abgewölbte, lockere Krone alter Eschen nur aus solchen Kurzzweigen besteht, die am Ende ein Blätterbüschel tragen. Im Bestandesschluß bildet die Esche einen bis hoch hinauf astreinen, vollholzigen, geraden Schaft; im Freistand neigt sie zum Gabelwuchs, wie keine andere einheimische Holzart und zur Bildung einer tiefangesetzten, starkästigen Krone. Das Ausschlagvermögen aus Stock und Stamm ist vorzüglich, aber bald nachlassend. Das Wurzelsystem besteht anfänglich aus einer Pfahlwurzel, später aus starken, tief und weitstreichenden, reich verzweigten Seitenwurzeln. Die Rinde, bis zum 30. oder 40. Jahre hell grünlichgrau und glatt, bildet später eine dicht- aber flachrissige, schwarzbraune Borke mit gestreckt rhombischen Feldern. Die in manchen Gegenden sehr häufigen „Rindenrosen" Ratzeburgs sind eine krankhafte, krebsartige Erscheinung. Das ausgesprochen ringporige Holz hat einen breiten, 27 (bis 40) Jahrringe umfassenden Splint und einen hellbraunen Kern; die Gefäße des gegen das Spätholz scharf abgesetzten Frühholzes sind sehr weit, die des Spätholzes eng, spärlich und gleichmäßig zerstreut, Parenchym findet sich fast nur als Belag der Gefäße, namentlich derjenigen des Spätholzes; die Markstrahlen sind kaum zu erkennen. Das häufig Maserwuchs zeigende Eschenholz ist eines der wertvollsten Nutzhölzer, 0,57—0,94, im Mittel 0,73 schwer, ziemlich fein- und langfaserig, glänzend, hart, gerade aber schwerspaltig, elastisch, zähe und biegsam, sehr tragkräftig, mäßig schwindend (5 %), wirft sich wenig, im Freien von mittlerer Dauer und mindestens so brennkräftig wie das Buchenholz.

Das Verbreitungsgebiet der Esche umfaßt beinahe ganz Europa bis zum 63° in Norwegen (strauchförmig sogar bis zum 69°). Ihre schönste Entwicklung zeigt sie in Auen und Niederungen, meist vereinzelt oder horstweise im Mischwald, in den Alpentälern bis ca. 1300 m emporsteigend. Ihren Standortansprüchen nach gehört die Esche zu den anspruchsvollsten Holzarten. Sie verlangt sehr mineralkräftige, tiefgründige, lockere, feuchte bis nasse Standorte (aber keine stagnierende Nässe), ziemliche Luftfeuchtigkeit, aber nur mäßige Luftwärme. Ihr Lichtbedürfnis ist sehr groß, demjenigen der Eiche ähnlich, nur in der Jugend ist ihr mäßige Beschattung zuträglich, namentlich auf geeignetem

1) G. Lakon, Keimungsphysiol. d. Eschensamens (Natw. Zeitsch. f. Forst- u. Landw. 1911 S. 285 ff.

Standort. Gegen Spätfröste ist sie von allen einheimischen Holzarten am empfindlichsten; jeder junge Trieb, der von einem leichten Spätfrost getroffen wird, ist verloren.

2. Fráxinus americána Linné, die Weißesche, in der Osthälfte Nordamerikas an ähnlichen Standorten heimisch wie unsere Esche, schon im 18. Jahrhundert, wesentlich als Allee- und Parkbaum, in Anhalt auch als Forstbaum eingeführt, stimmt hinsichtlich ihres Wuchses und ihrer Holzgüte mit unserer Esche überein. Ihr Vorzug besteht in etwas (ca. 14 Tage) späterem Austreiben, wodurch sie gegen Spätfröste gesicherter erscheint, und in etwas geringeren Bodenansprüchen, namentlich verträgt sie Ueberschwemmungen während der Vegetationsperiode gut; endlich keimen die Samen, deren Embryo nach Lakon (l. c.) den Raum zwischen den beiden Endospermhälften völlig füllt, im Frühjahr 3 Tage vor der Saat eingeweicht, ohne überzuliegen ca. 14 Tage nach Frühlingssaat. Aus diesen waldbaulichen Gründen wird sie neuerdings vielfach als Ersatz für die gemeine Esche bei uns angebaut. — Die Knospen der Weißesche sind hell zimmetbraun, die Blätter haben meist nur 2 oder 3 etwas größere, gestielte Fiederpaare, die am Rande ganzrandig (oder schwach gesägt), oberseits auffallend dunkelgrün und glänzend, unterseits weißgrau und ganz oder nahezu kahl sind. Die meist 2häusigen Blüten haben stets einen Kelch und die Staubbeutel sind lineal, kurz und stumpfbespitzt. Die hellbraunen Flügelfrüchte sind etwas schlanker wie bei unserer Esche. Die Rinde ist an jüngeren Aesten gelblichgrau gefärbt.

3. Fráxinus pubéscens Lamarck (richtiger F. pennsylvánica Marshall) die flaumhaarige Esche oder Rotesche, gleichfalls im ganzen Laubwaldgebiet des östlichen Nordamerika verbreitet, wurde früher zu den forstlichen Anbauversuchen herangezogen, weil man die in den anhaltischen Forsten so gut gedeihende, amerikanische Esche irrtümlicherweise für F. pubescens hielt (Willkomm). Sie unterscheidet sich von jeher durch braune Knospen und dichtfilzige junge Triebe, bleibend filzige Blattspindeln, unterseits beim Entfalten dicht graufilzige, später nur noch auf den Nerven filzige, dazwischen locker weichhaarige Blätter, die auf beiden Seiten fast gleichfarbig sind. — Da die Rotesche langsamwüchsiger, aber ebenso frostempfindlich ist als unsere Esche, in ihrer Heimat nur 12—15 m Höhe erreicht und sich weder durch waldbauliche Eigenschaften noch durch die Qualität ihres Holzes auszeichnet, so liegt zu ihrer Einführung in unsere Wälder kein Grund vor.

4. Fráxinus Ornus Linné, die Blumen- oder Manna-esche, ist eine südeuropäische Holzart, die mit der Nordgrenze ihrer Verbreitung bis nach der Südschweiz (Tessin), Südtirol, Krain, Untersteiermark, vordringt. Sie kommt, in ihren Bodenansprüchen äußerst bescheiden, hauptsächlich auf trockenem Kalkboden vor, ist trägwüchsig und bildet kleine Bäume, die gewöhnlich nicht höher als ca. 8 m werden. Von den übrigen Eschen unterscheidet sich die Blumenesche durch bräunlich- bis silbergraue Knospen, durch rostgelbe, wollige Behaarung der Stielchen und Mittelrippen der 3 oder 4 Fiederblattpaare und vor allem durch ihre wohlriechenden, mit Kelch und weißer Blumenkrone versehenen, in langen, endständigen, reichblütigen, am Grund



beblätterten Rispen stehenden Blüten. Als Zierbaum ist sie in Süd- und Mitteldeutschland vielfach angepflanzt.

*Ligústrum vulgáre Linné, die gemeine Rainweide oder der Liguster (franz. Troene), ist ein bis 2 m Höhe erreichender, dicht buschiger Strauch mit ca. 3—5 cm langen und 1—2 cm breiten, spitz elliptischen, ganzrandigen, dunkelgrünen, gegenständigen oder zu 3 im Quirl stehenden Blättern, von denen zumeist ein Teil den Winter überdauert, mit weißen, stark aber unangenehm riechenden, kleinen Blüten, die ähnlich denen der Syringe am Ende beblätterter Zweige in reichblütigen Rispen stehen, mit erbsengroßen, glänzend schwarzen, meist zweifächerigen (seltener grünen), den Winter über an den Zweigen hängenden Beeren. — Als vorwiegend west- und südeuropäische Holzart dürfte der Liguster mit seinem natürlichen Verbreitungsgebiet kaum über Süddeutschland hinausgehen, ist aber auch in Mitteldeutschland ziemlich häufig, selten in Norddeutschland, wahrscheinlich verwildert, in Gebüschen und Feldhölzern und lichten Waldungen anzutreffen. Er liebt nahrhaften, kalkhaltigen Boden, bildet ein sehr schweres (0,92—0,95) beinhartes und schwerspaltiges Holz und ist eine beliebte Heckenpflanze, da er den Schnitt gut verträgt und durch Wurzelbrut, Ableger und Stecklinge leicht zu vermehren ist.

§ 100. Der Familie der Caprifoliaceae mit gegenständigen Blättern, 5 zähligen Blüten, deren Staubgefäße der Krone eingefügt sind, und Beeren oder beerenartigen Steinfrüchten, die aus 2 bis 5 fächerigen Fruchtknoten hervorgegangen sind, gehören folgende Holzpflanzen ohne nennenswerte forstliche Bedeutung an.

Die Angehörigen der Gattung Lonicéra mit einfachen, ganzrandigen Blättern und 2 lippigen Blüten sind teils Gaisblätter, windende Sträucher mit Blüten in Scheinquirlen, wie 1.* Lonicéra Periclymenum Linné, das gemeine oder wilde Gaisblatt mit stets getrennten Blättern, welches durch ganz Europa an Waldrändern, in Gebüschen und lichten Wäldern auf fruchtbarem Boden als Forstunkraut stellenweise verbreitet ist, 5—10 m an Stangenhölzern emporklettert und durch seine innige Umschlingung dieselben mitunter verunstaltet, teils Heckenkirschen, die eine bescheidene Rolle als Bodenschutzholz spielen. In ihren Blattachseln stehen 2—3 beschuppte Knospen in einer Reihe übereinander und ihre Blüten stehen paarweise am Ende blattwinkelständiger Stiele. 2. *Lonicéra Xylósteum Linné, die gemeine Heckenkirsche, auch Beinholz, Beinweide genannt, ist als flachwurzelnder, höchstens 2 m Höhe erreichender Strauch mit anfangs weißen, dann gelben, ansehnlichen Blüten von der Länge der Blütenstandstiele und mit roten, am Grunde etwas verwachsenen Beeren, an Hecken, Zäunen, in Gebüschen, als Unterholz in Mittelwäldern in ganz Europa, namentlich auf Kalk, zerstreut und steigt im Gebirge bis 1600 m empor. 3. *Lonicéra nígra Linné, die schwarze Heckenkirsche, durch Blütenstandstiele, die mehrfach länger sind als die rötlichen Blüten, und durch glänzend schwarze Beeren von voriger unterschieden, ist als Unterholz schattiger Bergwälder im mitteleuropäischen Berglande und in den Alpen und Karpathen zwischen 500 und 1600 m auf frischem bis feuchtem, humosem Boden zerstreut. 4. Lonicéra alpígena Linné, die Alpenheckenkirsche, mit Blütenstandstielen, die mehrmals länger sind als die roten Blüten, fast bis zur Spitze zusammengewachsenen Fruchtknoten und

glänzend roten Doppelbeeren, kommt in den süd- und mitteleuropäischen Gebirgen in den gleichen Höhenlagen wie L. nigra stellenweise, namentlich auf Kalk, in Laubwäldern und Gebüschen vor. 5. Lonicéra coerúlea Linné, die blaue Heckenkirsche, mit Blütenstandstielen, die viel kürzer sind als die gelben Blüten, mit völlig verwachsenen Fruchtknoten und erbsengroßen, schwarzen, blaubereiften Beeren und von nur 2 Knospenschuppen behüllten Knospen, ist außer im hohen Norden Europas, in den Alpen- und Karpathenländern zwischen 800 und 2000 m, namentlich auf steinigem Kalkboden, in Wäldern und Gebüschen stellenweise verbreitet.

* Víburnum Opulus Linné, der gemeine Schneeball, (franz. Viorne), hat 2 schuppige Knospen, 3 (bis 5) lappige, oberseits dunkelgrüne und kahle, unterseits flaumig bläulichgrüne, ca. 5—8 cm lange, gegenständige, etwas an Bergahorn erinnernde Blätter mit spitzen, grob gezähnten Lappen und 5 zählige, in großen, endständigen Trugdolden stehende, weiße Blüten, die am Rande der Trugdolde geschlechtslos und viel größer (strahlend) sind. Die Frucht ist eine erbsengroße, einkernige, einsamige, glänzend rote, beerenähnliche, ungenießbare Steinfrucht. — Der gemeine Schneeball bildet ansehnliche, bis 5 m hohe und 6—10 cm starke, raschwüchsige Sträucher in ca. 12—15 Jahren, besitzt ein großes Stockausschlagvermögen und bildet aus den flach verlaufenden Wurzeln reichliche Wurzelbrut; er ist durch ganz Europa verbreitet und bevorzugt feuchten, humosen Boden in der Ebene und im Hügelland an Waldrändern sowie als Unterholz in Auenmittelwäldern, wo er Ueberschirmung gut verträgt. Die zahlreichen Stock- und Stammlohden tragen viel größere Blätter und sind sechskantig, gerade, lang und stark. Das harte, schwerspaltige und feinfaserige, im Splint rötlichweiße, im Kerne gelbbraune Holz läßt die Markstrahlen und Jahrringgrenzen nicht oder kaum erkennen.

2.* Vibúrnum Lantána Linné, der wollige Schneeball, unterscheidet sich von vorstehendem durch filzige junge Triebe und nackte, gelblichfilzige, große Knospen, durch eiförmige, oberseits runzelig dunkelgrüne, unterseits filzig graugrüne, am Rand klein und scharf gesägte, 6—10 cm lange Blätter, durch kleine, gleichmäßig gestaltete, in dichten, gewölbten Trugdolden stehende Blüten und durch anfangs scharlachrote, zuletzt schwarze, beerenähnliche Steinfrüchte. Der 4 m Höhe erreichende, gleichfalls raschwüchsige und sehr ausschlagfähige Strauch kommt wild an ähnlichen Standorten wie der vorige, aber nur in der Südhälfte Europas und vorzugsweise auf Kalk vor.

§ 101. * Sambúcus nígra Linné, der gemeine oder schwarze Holunder oder Flieder, (franz. Sureau), hat bis ca. 30 cm lange, unpaarig gefiederte Blätter mit 2—3 Paaren breit eilanzettlicher, langgespitzter, scharf gesägter, 3—12 (16) cm langer, kurzgestielter Fiederblättchen, kleine, gelbweiße, im Juni erscheinende, in großen, wiederholt 5 strahlig geteilten, endständigen, aufrechten Ebensträußen stehende Blüten und erbsengroße, glänzend schwarze, beerenähnliche Steinfrüchte, die sog. „Holunderbeeren", an roten Stielen in hängenden Ebensträußen. Der schwarze Hollunder bewohnt fast ganz Europa, zumeist in der Nähe menschlicher Wohnungen auftretend; er steigt zwar in den Alpen bis ca. 1200 m empor, ist aber im großen und ganzen viel mehr eine Holzart der Ebenen und des Hügellandes, die humosen, frischen bis feuchten Boden liebt, an Hecken, Zäunen usw., aber auch als Unterholz in lichten Auwaldungen sich findet und als raschwüchsige und überaus ausschlagfähige, schon vor dem Abhieb reichlich starke, markreiche Stammlohden entwickelnde Holzart große Büsche oder

4—5 m hohe und 20—30 cm starke Bäume mit malerischer Krone und bogenförmig gekrümmten Aesten bildet. Das zerstreutporige Holz mit deutlichen Markstrahlen ist gelblichweiß, vom spez. Gewicht 0,53—0,76, ziemlich feinfaserig und leichtspaltig, hart, fest, schwer trocknend und sich stark werfend.

2. * Sambúcus racemósa Linné, der Traubenholunder, unterscheidet sich von dem gemeinen durch länger zugespitzte, schmälere, schärfer gesägte, unterseits bläulichgrüne, meist auch kleinere Fiederblättchen, die meist in der Zahl 5 vorhanden sind und besonders durch die schon im April oder Mai aufblühenden, in dichten, eiförmigen Rispen stehenden grüngelben Blüten und die leuchtend korallenroten „Beeren". Das Mark der Zweige ist gelbbraun. — Der Traubenholunder stimmt in der äußeren Erscheinung und den sonstigen Eigenschaften mit dem schwarzen überein, bleibt aber kleiner und zierlicher und ist mehr eine Holzart des Hügel- und Berglandes, wo er in Mittel- und Südeuropa vorzugsweise als Unterholz in lichten Wäldern, an Waldwegen usw., auf humosem steinigen Boden und in sonnigen Lagen verbreitet ist. Durch den sehr reichlichen Wurzelausschlag seiner sehr weitstreichenden Wurzeln kann der fast stets strauchartig bleibende Traubenholunder in jungen Kulturen gelegentlich sehr lästig werden.

## 3. Biologie und Morphologie der baumschädigenden Pilze.

Literatur: A. de Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien. Leipzig 1884. 558 p. 8! mit 198 Holzschn. — A. B. Frank, Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1896. 574 p. 8° mit 96 Abb. — Robert Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten (3. Aufl. des Lehrb. der Baumkrankheiten). Berlin 1900. 324 p. 8° mit 280 Abb. und 1 Tafel. — F. v. Tavel, Morphologie der Pilze. Jena 1892. 208 p. 8° mit 90 Holschn. — Karl Freih. von Tubeuf, Pflanzenkrankheiten, durch kryptogame Parasiten verursacht. Berlin 1895. 599 p. 8° mit 306 Abb. — Engler u. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. I. Teil (Pilze), Abt. 1. Leipzig 1897. 513 p. 8° mit 1844 Einzelbildern und Abt. 1** 1900. 570 p. mit 1693 Einzelbildern. — Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten 3. Aufl. II. Band. Lindau, Die pflanzlichen Parasiten. Berlin 1908. 550 p. mit 62 Abb. Sorauers Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Zentralblatt für Bakteriologie u. Parasitenkunde II. Abt. und die forstl. Zeitschriftenliteratur, insbesondere die Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft.

### I. Allgemeiner Teil.

§ 102. Während die Infektionskrankheiten des Menschen und der höheren Tiere zum ganz überwiegenden Teil durch Bakterien hervorgerufen werden, kennen wir bei europäischen Holzpflanzen außer den Holzgallen der Olive, des Oleanders und der Aleppokiefer und vereinzelt auch der Zirbelkiefer (Natw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1911, S. 25), die das Absterben der befallenen Zweige veranlassen, bis dato keine Bakterienkrankheiten. Sämtliche Pilze, welche die normalen Lebensfunktionen unserer Holzpflanzen bald mehr, bald weniger stören, gehören zu den höheren Pilzen, den Fadenpilzen, so genannt, weil der der Ernährung dienende, auf oder in dem Substrat lebende, vegetative Teil, das Mycelium, aus in der Regel verzweigten, mit Spitzenwachstum begabten Fäden (sog. Hyphen) besteht, die (mit Ausnahme der Phycomyceten) durch Querwände gegliedert sind. Seinen Ursprung nimmt das Mycel aus der Spore, wie die Fortpflanzungszellen der Pilze ganz allgemein genannt werden. Bei vielen Pilzen bleibt der vegetative Teil nicht auf der Stufe eines typischen Mycels stehen, sondern er bildet kompliziertere Verbände wie Mycelhäute, Mycelstränge, schließlich Pilzkörper, deren Gewebe im Gegensatz zu demjenigen der höheren Pflanzen durch



Verflechtung, immer dichtere Verzweigung und nachträgliche Verwachsung der ursprünglich getrennten Pilzhyphen gebildet wird. Wasserarme Pilzkörper, deren nährstoffreiche Hyphen besonders innig verwachsen sind und stark verdickte Zellwände besitzen, heißen Sklerotien. Sie stellen vegetative Dauerzustände dar. Das meist sehr wasserreiche Plasma der Pilze enthält keine Chromatophoren, keine Stärke, dagegen häufig Fett. Die Zellhaut besteht nur bei den Saprolegniaceen und Peronosporaceen aus Zellulose, bei den anderen Pilzen nicht aus „Pilzzellulose", wie man früher annahm, sondern nach den Untersuchungen von Winterstein besteht die stickstoffhaltige Zellwand zum größeren oder geringeren Teile aus Chitin, also derjenigen Substanz, aus welcher die Körperdecke der Insekten usw. aufgebaut ist; daneben finden sich noch beträchtliche Mengen stickstoffärmerer oder stickstoffreier Substanzen, zwar keine echte Zellulose, wohl aber andere zellwandbildende Kohlehydrate, wie Hemizellulosen und andere leicht hydrolysierbare Stoffe, die zum großen Teil noch näherer Untersuchung bedürfen.

§ 103. Kein Pilz assimiliert nach Art der grünen Pflanzen, alle sind Schmarotzer oder Fäulnisbewohner, welche wenigstens hinsichtlich ihres Kohlenstoffbedarfs auf organische Verbindungen angewiesen sind. Nach ihrer Ernährungsweise unterscheidet man obligate Saprophyten (Fäulnisbewohner), die sich nur von abgestorbenen organischen Resten nähren, obligate Parasiten, die wenigstens unter den von Natur gebotenen Verhältnissen nur auf oder in lebenden Tieren oder Pflanzen leben können (z. B. die Rostpilze); fakultative Saprophyten heißen solche Parasiten, die gelegentlich saprophytisch, fakultative Parasiten solche Saprophyten, die gelegentlich parasitisch leben. Das Mycel der Schmarotzerpilze lebt entweder epiphytisch, d. h. auf der Oberfläche der befallenen Pflanzenteile und bezieht dann seine Nahrung durch besondere Seitenzweiglein, welche sich in die Epidermiswandung (z. B. Trichosphäria) oder ins Innere der Epidermiszellen (z. B. die Erysipheen oder Meltaupilze) einbohren, oder das Mycel lebt im Innern der Wirtspflanzen, endophytisch, und zwar interzellular, wenn es, wie bei den Uredineen, nur in den Interzellularräumen wuchert, die angrenzenden Zellen durch besondere Haustorien oder auf rein osmotischem Wege aussaugend, oder intrazellular, wenn es ins Innere der lebenden Zellen eindringt. Von den Spitzen der fortwachsenden Pilzhyphen wird eine ganze Reihe von ungeformten Fermenten, sog. Enzyme, ausgeschieden, die ihnen die Durchbohrung der Zellwände und die Aneignung der Nahrung ermöglichen. So wird von den Baumpilzen eine, den verschiedenen Zellulosen und sonstigen Membranstoffen entsprechende Reihe von Zellulose oder Pektin spaltenden Enzymen gebildet, so wird die verholzte Membran häufig zersetzt und daraus die Zellulose frei gemacht; aus den in Holz und Rinde der Bäume oft in beträchtlichen Mengen vorkommenden Glykosiden (Salicin, Populin, Amygdalin, Koniferin usw.) vermögen sie durch entsprechende Enzyme abspaltbare Kohlehydrate zu ihrer Ernährung heranzuziehen, ebenso zersetzen sie vor allem Eiweißstoffe durch eiweißlösende, Stärke durch diastatische und Fette durch fettspaltende Enzyme. Autözisch heißen die Pilze, welche ihren ganzen Entwicklungsgang auf einer Wirtspflanze durchlaufen, heterözisch diejenigen, welche während ihrer Entwicklung auf eine zweite, von der ersten oft systematisch weit entfernt stehende Spezies übergehen.

§ 104. Die fruktifikativen Organe der Pilze bringen die Sporen hervor, von denen man Endosporen (in Sporangien erzeugte), Oo- und Zygosporen (durch Vereinigung zweier Zellen erzeugte), Exosporen oder Konidien und Chlamydosporen (auch Gemmen oder Gliedersporen genannt) unterscheidet. Der Name Schimmelpilz bezeichnet keinen systematischen Begriff, sondern lediglich eine Wuchsform: Pilze, deren Mycel entweder im Substrat oder auf dem Substrat lebt, deren Fruktifikationsorgane aber stets aus demselben heraustreten, von demselben fortwachsen und so an der Luft ihre Sporen produzieren. Die Konidien werden am Ende von einfachen Fruchtträgern (besonderen Hyphen) einzeln oder reihenweise abgeschnürt; zunächst sind sie einzellig, in manchen Fällen werden sie durch spätere Zellteilungen mehrzellig. Sind die pallisadenartig dicht gedrängten Konidienträger in eine vom benachbarten Mycel gebildete und anfänglich geschlossene, meist mehrschichtige Hülle eingeschlossen, so heißt ein solches Gebilde Pyknide (auch wohl Konidienfrucht). Bildet das Mycel keine Konidienträger, sondern zerfällt es ganz oder zum Teil in kurze, konidienähnliche Teilstücke, so erhalten wir Gliedersporen oder Oidien; verdickt sich die Membran solcher Gliedersporen unter gleichzeitiger Anhäufung von Reservestoffen, so nehmen sie den Charakter von Dauersporen an und werden dann gewöhnlich Chlamydosporen oder Gemmen genannt. Besitzt ein Pilz mehr als eine Fruktifikationsform, so heißt er pleomorph. Die Lebenszänigkeit der Sporen ist meist größer als diejenige des Mycels, namentlich der Austrocknung gegenüber. Gegen Kälte sind die meisten Sporen fast unbegrenzt widerstandsfähig, während das Mycel, namentlich das saftreiche, oft schon bei geringen Kältegraden erfriert. Ueber das Verhalten der parasitischen Mycelien ist in dieser Hinsicht wenig bekannt; wahrscheinlich sind sie an das Klima, in welchem ihre Wirtspflanzen leben, angepaßt und viele überwintern so anstandslos.

§ 105. Die für die Praxis ungemein wichtige Frage, ob ein baumbewohnender Pilz auch ein Parasit ist, liegt sehr einfach für alle die Pilze, welche zu Familien oder Gattungen gehören, die nur parasitisch lebende Vertreter aufweisen, wie z. B. die Uredineen, Erysipheen, Peronosporaceen und Exoasceen; ebenso liegt selbstverständlich ein Parasit vor, wenn ein Pilz auf lebenden Teilen eines Baumes gefunden wird. Sind dagegen die Pflanzenteile, auf welchen der Pilz zutage tritt, abgestorben, wie bei den meisten Asco- und Hyphomyceten, dann kann der Beweis für die parasitische Natur eines Pilzes gewöhnlich nur durch künstliche Infektion geliefert werden, ebenso wie dann, wenn Insekten und Pilze auf einem abgestorbenen Pflanzenteile auftreten. Der Fehlschluß „post hoc, ergo propter hoc" kann in allen zweifelhaften Fällen nur durch richtig eingeleitete und durchgeführte Infektionsversuche vermieden werden. Die künstliche Infektion, die bei den heterözischen Uredineen unentbehrlich ist, um die zweite Wirtspflanze festzustellen, lehrt uns des weiteren, welche Pflanzen überhaupt von einem bestimmten Pilze befallen werden, sie lehrt uns, in welchem Alterszustand, an welchen Teilen der Wirtspflanze und unter welchen äußeren Bedingungen die Infektion stattfindet, ob der Sporenkeimschlauch durch eine Spaltöffnung oder direkt durch die Membran eindringt oder ob das Mycel durch vorausgehende saprophytische Ernährung erst hinreichend erstarken muß, wie solches z. B. auch bei den Wundparasiten der Fall ist, bei denen die Keimschläuche der Sporen nicht durch die intakte Oberfläche der Holzgewächse, sondern nur von Wundstellen aus eindringen. Endlich können durch solche Versuche allein die Umstände erkannt wer-

den, welche das Zustandekommen einer Infektion begünstigen oder hemmen und so die Mittel zur Bekämpfung oder Verhütung der Krankheit leichter gefunden werden.

Von den beiden Infektionsarten ist die Mycelinfektion der sicherere Weg, in der Natur aber die Sporeninfektion im allgemeinen wohl die häufigere Erscheinung, abgesehen von den Wurzelpilzen, bei welchen die Mycelinfektion Regel ist.

Die Verbreitung der Pilzsporen findet bei den größeren Pilzfruchtkörpern in dem „geschlossenen Luftraum" des Waldes in erster Linie durch „Temperaturströmungen" statt. Die stark atmenden, größeren Pilzkörper erzeugen, wie Falck gezeigt hat, aufsteigende, warme Luftströme, welche die Pilzsporen emporheben, so daß sie sich gleichmäßig im Walde verbreiten können. Bei kleinen Fruchtkörpern und Konidienträgern, die ihre Sporen vorzugsweise bei feuchtem Wetter entleeren oder reifen (wie z. B. Schüttepilz und Nektriakonidien), spielt flach streichender Regenwind die Hauptrolle, wie denn die atmosphärischen Niederschläge überhaupt die Luft von Pilzsporen reinigen. Insekten, gelegentlich auch größere Tiere, spielen bei der Sporenverbreitung meist nur eine untergeordnete Rolle.

§ 106. Wie das aggressive Verhalten der parasitischen Pilze sehr verschieden ist und je nach Spezies bald nur eine einzige Baumart, bald mehrere, bald eine große Anzahl verschiedener Arten befallen wird, so kommen in allen möglichen Abstufungen auch Unterschiede vor im Verhalten des nämlichen Pilzes gegen verschiedene Varietäten und Individuen sowie gegen verschiedenen Gesundheits- und Alterszustand der gleichen Holzart; Erscheinungen, die man als Prädisposition bezeichnet. Hierher gehört auch, daß manche Schmarotzerpilze die lebenden Gewebe der Holzpflanzen nur angreifen, wenn letztere sich im Zustande der Vegetationsruhe, andere, wenn jene sich in voller Lebenstätigkeit befinden, ferner daß manche Pilze nur in Keimblätter einzudringen vermögen, die Pflanze somit der Infektionsgefahr entrückt ist, sobald die Keimblätter abgefallen sind, ferner, daß viele Blätter nur im jugendlichen Zustand, d. h. so lange gefährdet sind, als sie noch nicht durch eine derbe Kuticula geschützt sind, daß feuchtwarmes Wetter, dumpfe Lagen manche Infektionen ungemein begünstigen u. a. m. Demgemäß unterscheidet man individuelle, zeitliche, örtliche und krankhafte Disposition (namentlich nach vorausgegangenen Verwundungen, inneren Frühjahrsfrostbeschädigungen sowie infolge von Ernährungsstörungen mannigfachster Art (vgl. auch Nectria!).

Die „Schwächeparasiten" Sorauers kommen erst zur Ansiedlung, wenn der lebende Zweig durch Ernährungsstörungen infolge von Witterungs- oder Bodeneinflüssen erkrankt oder entsprechend geschwächt ist, sie brauchen keineswegs innere „Wunden" als Einfallspforten, sondern können auch durch die Lentizellen eindringen. Herabgesetzter Turgor beeinträchtigt stets die Widerstandsfähigkeit eines Pflanzenteils gegen die Angriffe eines fakultativen Parasiten. Die meisten baumbewohnenden und holzzerstörenden Pilze sind sehr sauerstoffbedürftig[1]) und ihr Gedeihen hängt unmittelbar davon ab, ob genügend Luft zu ihnen gelangen kann und vor allem muß ein gewisses Minimalquantum an Luft im Innern der Pflanzengewebe eingeschlossen sein, wenn diese von Pilzfäden durchwachsen werden sollen. Die Luft muß also am Orte des Verbrauchs vorhanden sein, sie kann nicht etwa erst durch die Mycelien von außen nach innen transportiert werden. Eine Ausnahme bildet Agaricus melleus, ausgezeichnet durch

1) Nach Münch in d. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1909 S. 129 ff.



hochorganisierte Leitungsbahnen, die Rhizomorphen, mit denen er auch in sehr luftarmes Substrat eindringen und hier mit großer Geschwindigkeit wachsen kann.

§ 107. Die Reaktion des lebenden Wirtes ist durch die spezifische Natur des Wirtes wie diejenige des Parasiten bedingt. Nur in seltenen Fällen bleibt der Parasit auf den Ort des Angriffs und dessen nächste Umgebung beschränkt, z. B. bei den Blattflecken- und -Löcherpilzen, die bei ihrer meist sehr geringen praktischen Bedeutung und großen Artenzahl hier nicht weiter behandelt wurden; meist verbreitet er sich über große Strecken, dabei einzelne Organe oder Gewebe in erster Reihe oder ausschließlich bevorzugend; auch kann er weite Strecken durchwachsen, ohne dieselben merkbar zu schädigen und erst an Orten, die von der Infektionsstelle weit entfernt sind, die Höhe seiner Entwicklung erreichen und zur Sporenbildung schreiten. Dem auch in diesen Beziehungen so verschiedenen, aggressiven Verhalten der Parasiten entsprechend, ist die Wirkung auf den lebenden Wirt naturgemäß gleichfalls eine höchst verschiedene: sie kann im wesentlichen eine zerstörende oder eine umgestaltende oder beides zugleich bzw. nacheinander sein.

Daß durch einen fremden Organismus, der ausschließlich auf Kosten seines Wirtes lebt, die normalen physiologischen Funktionen des letzteren mehr oder weniger tiefgreifend gestört werden müssen, liegt auf der Hand; alle lebenden Zellen, aus denen der Schmarotzer Nahrung bezieht, werden geschädigt; sie können dabei am Leben bleiben oder rasch oder langsam absterben. Der Tod der Zellen erfolgt, weil der Pilz entweder ihren lebenden Inhalt aufzehrt oder sie durch Enzyme tötet, die von ihm abgeschieden werden. Auf letztere Weise gehen vielfach sogar Zellen in der Nachbarschaft des Parasiten zugrunde, die mit dessen Hyphen oder Haustorien gar nicht in direkte Berührung gekommen sind. Es können ferner ganze Gewebepartien, bald rasch, bald langsamer, bald unter Verfärbung, bald ohne solche, bald nach vorausgegangener Hypertrophie (abnorme Vergrößerung oder Vermehrung der Zellen), bald ohne solche absterben. Es können endlich ganze Organe oder Organsysteme oder die ganzen Individuen getötet werden und die gleiche Wirkung wird natürlich erzielt, wenn ein Parasit die Basis eines Organs oder die Wurzel eines Baumes zerstört. Es kann aber auch der befallene Pflanzenteil am Leben bleiben und durch seine eigene Hypertrophie höher stehende Teile zunächst schädigen und später töten, wie beispielsweise beim Hexenbesen der Tanne das über dessen Ansatzstelle stehende Stück des Tragastes verkümmert und schließlich abstirbt, ähnlich wie dies auch bei einem von einem Mistelbusche besetzten Zweige der Fall ist. In vielen Fällen bleiben die befallenen Gewebe mindestens bis zur Sporenreife des Pilzes am Leben, so z. B. bei den Rostpilzen, oder das Mycel des Pilzes perenniert jahrelang in perennierenden Achsen und Wurzeln (Exoasceen, Nectria, Peziza Willkommii usw.).

Die Lebensdauer der Nadeln und Blätter, sowie anderer Organe und diejenige der ganzen Pflanze kann verkürzt werden (so bei Fichtennadeln, die von Chrysomyxa Rhododendri oder Ch. abietis, bei Kiefernnadeln, die von Lophodermium Pinastri befallen sind; nur einjährig ist die Lebensdauer der Hexenbesennadeln bei der Weißtanne; nach wenigen Jahren oder Jahrzehnten sterben die Hexenbesen der Laubhölzer und der Tanne ab; vorzeitige Entlaubung kann bei sommergrünen Laubhölzern eintreten usw.). Es kann aber auch vorzeitige Belaubung eintreten, wenn der Pilz die von ihm befallenen Knospen zu vorzeitigem Austreiben reizt, wie beim Kirschen- und Tannenhexenbesen.

Was die umgestaltende Wirkung der parasitischen Pilze auf die Gestalt und den anatomischen Bau der Wirtspflanzen anlangt, so

kommen hier Verkümmerungen und Hypertrophien von Zellen und Geweben wie von ganzen Organen, namentlich abnorm gesteigertes, Längen-, Flächen- oder Dickenwachstum vor. So finden wir namentlich an Blättern krankhafte Kräuselungen (Taphrina resp. Exoascus), Wucherungen, die mitunter den Charakter von Neubildungen tragen, wie die von Exobasidium hervorgerufenen Alpenrosenäpfel auf den Blättern der Alpenrosen, die großen, blasigen Ausstülpungen von Taphrina an den Schuppen der Erlenzäpfchen und andere Pilzgallen mehr; es können Blüten und Früchte, die von Taphrina befallen sind, in weitgehendem Maße deformiert werden, wie die Fruchtknoten der Pappeln, der Zwetschgen und die von Prunus Padus. — In anderen Fällen veranlaßt der Parasit die befallenen Organe zu abnorm starker Verzweigung mit ganz anderer Wuchsrichtung der Zweige (Hexenbesenbildung) oder die Verzweigung fällt spärlicher aus als an gesunden Trieben. Ferner kann die Blütenbildung unterdrückt werden, wie bei den Hexenbesen der Prunusarten, oder die Samenreife, wie bei den von Sklerotinia mumifizierten Früchten von Sorbus oder bei den infolge der Infektion von Aecidium strobilinum tauben Fichtenzapfen. — Daß derartige pathologische Gewebe sich von den normalen durch einen mehr oder weniger abweichenden, anatomischen Bau auszeichnen, sei hier nur kurz erwähnt, ebenso, daß in den erkrankten Zellen vor dem Absterben die verschiedensten Veränderungen des Zellinhaltes auftreten können, wie namentlich Verminderung oder Verschwinden des Chlorophylls, Auftreten (gelber oder) roter, im Zellsaft gelöster Farbstoffe, Verschwinden der Stärke oder abnorme Anhäufung derselben, Anhäufung von oxalsaurem Kalk usw. — Endlich liegt es auf der Hand, daß der gewaltige Verbrauch an Baustoffen für alle derartigen Hypertrophien, die für die befallene Pflanze ganz zwecklos sind, während diese Baustoffe anderen, wichtigen Organen entzogen werden, an und für sich schon eine empfindliche Schädigung der Wirtspflanze bedeutet.

§ 108. Die wirtschaftlich schlimmsten Feinde unserer Waldbäume sind diejenigen Parasiten, die förmliche Epidemien hervorrufen, namentlich unter den jugendlichen Holzpflanzen und die ganze junge Kulturen unter Umständen vollständig vernichten können; ihnen folgen die holzzerstörenden Pilze, deren Schädlichkeit vielfach dadurch ungemein vergrößert wird, daß viele von ihnen rein saprophytisch leben und an dem geschlagenen Holz bei zu langem Liegen und bei ungeeigneter Aufbewahrung, im Walde wie auf dem Holzlagerplatz, noch die größten Zerstörungen anrichten können. Ueber die praktische Bedeutung der Gefahr, die den einzelnen Bäumen und Waldungen von den einzelnen Parasiten droht, läßt sich sehr wenig bestimmtes und allgemeines sagen, weil diese Gefahr nicht nur bei verschiedenen Pilz- und Holzarten, sondern auch bei dem nämlichen Pilz und bei der nämlichen Holzart je nach Standorts-, Ernährungs- und Entwicklungsverhältnissen außerordentlich wechselt, weil ein infolge waldbaulicher Fehler schlechter Stand des Waldes oder aus irgend einem anderen Grunde kümmernde Pflanzen vielfach erst die nötigen Voraussetzungen für einen erfolgreichen Parasitenangriff in größerem Umfange schaffen und weil wir über die Bedingungen, unter denen im Freien wirksame Infektionen zustande zu kommen pflegen, in den meisten Fällen — von den Rostpilzen abgesehen — außerordentlich wenig wissen. Endlich werden manche Pilzinfektionen erst dann wirklich schädlich, wenn sie in Verbindung mit vorangegangenen, gleichzeitigen oder folgenden Insektenbeschädigungen auftreten.

## II. Die einzelnen Pilzarten.

### 1. Niedere Pilze (Phycomycetes).

§ 109. Das Mycel der Phycomyceten ist vor der Bildung der Fortpflanzungsorgane nicht durch Querwände gegliedert. Die Fortpflanzung ist entweder eine geschlechtliche durch Zygo- oder Oosporen, oder eine ungeschlechtliche durch Konidien oder in Sporangien erzeugte Endosporen, die nicht selten beweglich sind (in Wassertropfen) und dann Schwärmsporen genannt werden. Nur aus der durch Oosporenbildung ausgezeichneten, endophytisch lebenden Familie der Peronosporaceae ist ein Forstschädling bekannt, die Phytóphthora omnívora de Bary (Syn. Ph. Fagi Hartig), die in Saatbeeten von Laub- und Nadelhölzern und namentlich in natürlichen Buchenverjüngungen als Keimlingskrankheit epidemisch auftritt. Das Mycel wächst vorzugsweise interzellular mit kleinen, knopfförmigen Haustorien; die Konidienträger durchbrechen, oft in großer Zahl, die Epidermis oder sie treten aus Spaltöffnungen hervor und bilden an der Luft eine große, endständige, zitronenförmige Konidie. Unterhalb dieser treibt der Konidienträger gewöhnlich einen kurzen Seitenzweig, der an seinem Ende gleichfalls eine Konidie bildet und die erste zur Seite schiebt. Die Konidien fallen ab und keimen bei feuchtem Wetter, indem sie zum Zoosporangium werden und eine Anzahl 2 wimperiger Schwärmsporen entlassen, welche nach kurzer Schwärmzeit zur Ruhe kommen und einen Keimschlauch treiben. Dieser dringt, wenn die Keimung auf einem Buchen keimblatt stattgefunden hat, in die noch nicht durch eine Kutikula geschützte Epidermis ein und entwickelt sich rasch zum Mycel, das bald neue Konidienträger bildet. Die Konidien können auch direkt mit Keimschlauch auskeimen. Später entstehen im Innern des Blattes zahlreiche Oosporen, welche die Dauersporen des Pilzes darstellen, mit dem verfaulenden Laub in den Boden gelangen und frühestens im nächsten Frühjahr keimen, aber auch mehrere Jahre im Boden liegen können, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. — Die hellgrünen Keimpflanzen der Buche werden dunkelgrün, am Stengel treten mißfarbene Flecke auf, die Wurzeln werden schwarz, die Keimblätter und die jüngsten Laubblätter werden braunfleckig und verfaulen rasch bei Regenwetter. Erkrankte Nadelholzkeimlinge fallen um.

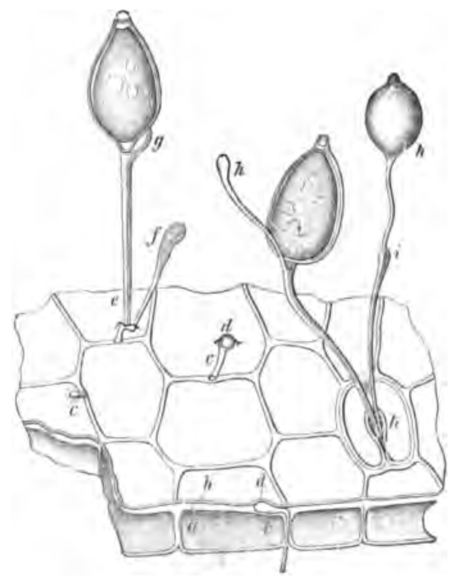



Abb. 79.
Phytóphthora omnívora. Sporangien, aus der Oberhaut eines Buchenkeimblattes hervorbrechend; bei g und h Anlage eines zweiten Sporangiums. Stark vergr. nach R. Hartig.

### 2. Schlauchpilze (Ascomycetes).

§ 110. Das Mycel ist von Anfang an durch Querwände gegliedert und bildet bei den niederen Formen direkt, bei den höheren in sog. Fruchtkörpern Spo-

rangien von keulen- oder schlauchförmiger Gestalt, Asci genannt, in welchen nach wiederholter Kernteilung Endosporen (Ascosporen) in je nach der Art wechselnder, aber (von den hier nicht in Frage kommenden Hemiasci abgesehen) stets bestimmter Anzahl gebildet werden. Die Sporen sind anfänglich stets einzellig, können aber bei manchen Arten durch Querwandbildung später mehrzellig werden. Sie werden gewöhnlich aus dem am Scheitel aufreißenden Ascus ausgespritzt. In den Fruchtkörpern, die, von wenigen Fällen abgesehen, ungeschlechtlich entstehen,



Abb. 80.
Gemeine Birke mit über 100 Hexenbesen von Taphrina turgida, beim Forstwarthaus Aha im Schwarzwald. — L. Klein phot.

bilden die Asci und die häufig zwischen denselben stehenden, sterilen Hyphenenden, die Paraphysen, eine zusammenhängende Schicht, das Hymenium, das von einer mehr oder minder starken Hülle dicht verflochtener Pilzfäden, der Peridie, ganz oder teilweise eingeschlossen wird. Außerdem kommen als Fortpflanzungsorgane noch die verschiedenartigsten Konidien sowie Chlamydosporen vor.

§ 111. Die Gattung Taphrína (inkl. Exoáscus) aus der Familie der ausschließlich parasitisch lebenden Exoascaceae[1]), besitzt keine Fruchtkörper, sondern die normalerweise 8 sporigen Asci brechen in großer Zahl und dicht gedrängt aus der Oberfläche des vom vegetativen Mycel bewohnten Pflanzenteils hervor. Das Mycel lebt teils 1 jährig direkt unter der Kutikula der befallenen Blätter, teils (Exoascus z. T.) perennierend in Knospen oder älteren Achsenteilen und entwickelt dann in der Vegetationsperiode in Laub- oder Fruchtblättern subkutikular ein einschichtiges Hyphengeflecht, aus dessen Zellen je ein Ascus hervorgeht. Die Ascosporen sprossen nicht selten im Ascus hefeartig aus.

a) Förmliche Hexenbesen werden von folgenden Arten gebildet, deren Asci sich auf Blättern entwickeln:

1. Taphrína Cérasi Sadeb. auf Prunus Cerasus, avium und Chamaecerasus (sehr selten auf Prunus Padus); Hexenb. z. T. sehr groß, nie blühend. Blätter gekräuselt, durch Ascusüberzüge unterseits grau bereift.

2. T. Insitítiae Johans. auf Prunus Insitítia und domestica. Hexenb. kleiner. Blätter unterseits mit grauweiß bereiften Flecken.

3. T. Carpíni Rostr. auf Carpinus Betulus. Hexenb. z. T. sehr groß, dichtbuschig und dichtbelaubt, mit gekräuselten, unterseits grau bereiften Blättern.

4. T. túrgida Sadeb. auf Betula verrucosa. Hexenb. groß, sehr dicht verzweigt, mit hängenden Zweigen und etwas gekräuselten, unterseits grau bereiften Blättern. — Die Taphrinahexenbesen der Birke dürfen übrigens nicht mit den durch Milben verursachten verwechselt werden, die sich besonders durch Knospenanhäufung auszeichnen (Güssow, Natw. Ztschr. f. L.- und Forstw. 1906, S. 7 ff).

5. T. betulína Rostr. auf Betula pubescens. Hexenb. mit grau bereiften Ueberzügen auf der Blattunterseite.

6. T. epiphýlla Sadeb. auf Alnus incana von den Alpen bis Skandinavien verbreitet. Hexenb. sehr zahlreich auf demselben Baum, stark verdickt, bei uns in der Regel sehr schwach verzweigt, mit grauweißem Ascusüberzug auf beiden Blattseiten; in den Alpenländern (Graubünden, bei Innsbruck) und besonders in Norwegen bis metergroße, dichtverzweigte Büsche mit aufrechten Zweigen.

b) Bloße Sproßdeformationen (Asci ebenfalls auf den Blättern) bilden:

7. T. Tosquinétii Magn. auf Alnus glutinosa sehr häufig; Triebe gestreckt und verdickt, Blätter durch sehr große Blasen abnorm vergrößert, mit grauweißen Ueberzügen. — 8. T. Jánus Thomas auf Betula verrucosa; blaßrote Blattbeulen, die beiderseits Asci tragen. — 9. T. Ulmi Johans. auf Ulmus campestris und montana; Blattflecke und blasige Auftreibungen. — 10. T. Céltis Sad. auf Celtis australis; Blattflecke oder schwache Auftreibungen. — 11. T. Crataégi Sadeb. auf Crataegus oxyacantha und monogyna; Verkrümmungen und rote Flecken an den Blättern.

c) Nur blasige Auswüchse, Blattflecken oder glatte Ascusüberzüge (ohne Sproßdeformationen) erzeugen:

12. T. aúrea Fries an Populus nigra, pyramidalis und monilifera; große blasige Auftreibungen der Blätter mit goldgelben Ascusüberzügen der Innenseite der Blasen, die sich, oft auf dem gleichen Blatt, durch Ausstülpung der Oberseite

1) Die reiche Exoasceenliteratur ist sehr vollständig zusammengestellt bei K. Giesenhagen: Exoascus, Taphrina und Magnusiella (Bot. Ztg. 1901, I. Abt. p. 115—142.)

wie der Unterseite bilden können. — 13. T. Sadebéckii Johans. auf Alnus glutinosa; runde, gelbliche oder grauweiße Blattflecke. — 14. T. cárnea Johans. auf Betula pubescens; fleischrote, blasige Auftreibungen. — 15. T. coerulés-cens Tul. auf Q. sessiliflora, pubescens, Cerris, rubra usw.; unregelmäßige, graue oder bläuliche Blattflecke. — 16. T. polýspora Johans. an Acer tartaricum und 17. T. acerícola Mass. an Acer campestris und Pseudoplatanus; Blattflecke. — 18. T. bulláta Tul. auf Pirus communis; blasige Auftreibungen der Blätter. — 19. T. Ostrýae Massal auf Ostrya carpinifolia; Blattflecke. — 20. T. Bé-tulae Johans. auf Betula verrucosa und pubescens; weiße bis gelbliche Blattflecke.

d) Den Fruchtknoten oder Teile der Frucht deformieren:

21. T. Prúni Tul. auf Prunus domestica und P. Padus. — 22. T. Rostrupiána (Sadeb.) auf P. spinosa, die sog. Narren oder Taschen erzeugend. — 23. T. Farlówii Sadeb. auf P. serotina; Deformation der Blätter, Sproßspitzen und Blütenhüllen, Taschenbildung der Früchte. — 24. T. Alni incánae Magn. auf Alnus incana, gemein in den Voralpen und Alpen, auf A. glutinosa selten; die Deckschuppen und Früchtchen der Erlenzäpfchen wachsen zahlreich zu langen, gekrümmten, roten Blasen aus. — Einmal (im Algäu) hat v. Tubeuf den Pilz auch auf Blättern der Weißerle gefunden, die schlafende Augen zu kleinen, durch gänzlich oder teilweise karminrote Farbe auffallenden Sprossen entwickelt hatten.

25. T. Johansónii Sadeb. an Populus tremula und tremuloides; blasige Auftreibung und Gelbfärbung des Fruchtknotens. — 26. T. rhizóphora Johans. desgl. bei Populus alba.

Sämtliche nun folgende Abteilungen der Ascomyceten besitzen sog. „Fruchtkörper" (Carpoasci).

§ 112. Die Vertreter der Familie der Meltaupilze (Erysiphaceae) leben ausschließlich epiphytisch auf Blättern und jungen Zweigen und senden Haustorien in die Epidermiszellen. Zahlreiche, aufgerichtete Fäden des Mycelüberzugs zerfallen in eiförmige Gliedersporen (Oidien), so daß die erkrankten Pflanzenteile wie mit Mehl bestäubt aussehen. Die allseitig geschlossene Hülle der punktförmig kleinen, auf dem Mycel zerstreuten Fruchtkörper wächst oft zu charakteristischen, fadenförmigen Anhängseln aus. Die Ascosporen werden durch Verwitterung der Hülle frei.

Podosphaéra enthält in den kugeligen Fruchtkörpern nur einen einzigen, kugeligen Ascus mit 8 Sporen. Die fadenförmigen Anhängsel sind am Ende mehrfach gabelig verzweigt. — P. oxyacánthae D. C., hauptsächlich mit Oidiumfruktifikation, auf Blättern von Sorbus, Mespilus, Crataegus und besonders schädlich an Apfelbäumen.

Uncínula besitzt kugelige Fruchtkörper mit mehreren, 2—8-sporigen Schläuchen und fadenförmige, einfache oder gabelig verzweigte Anhängsel mit eingerollten Spitzen. — 1. U. Aceris D. C. (mit ovalen Oidien) bildet weiße Flecke auf Ahornblättern. In Entwicklung begriffene, von ihr befallene Blätter verkümmern. — 2. U. Tulásnei Fuck. (mit kugeligen Oidien) bildet gleichmäßigere Ueberzüge auf den Blättern von Salix, Betula und Populus. — 3. U. Sálicis D. C. bildet teils weiße Flecke, teils derbere Ueberzüge auf den Blättern von Salix, Betula und Populus. — 4. U. clandestína Biv. (U.

Bivónae Lév.) auf Blättern von Ulmus montana. — 5. U. Prunástri D. C. auf Blättern von Prunus spinosa.

Phyllactínia besitzt abgeplattete Fruchtkörper mit mehreren 2 (bis 3) sporigen Schläuchen und langen, abstehenden, haarförmigen, an der Basis kugelig angeschwollenen Anhängseln. — Ph. suffúlta Rebent. (Ph. guttáta Wallr.) bildet weiße Flecken und Ueberzüge auf den Blättern von Fagus, Quercus, Betula, Alnus, Carpinus, Corylus, Fraxinus und vielen anderen Laubhölzern. In Rotbuchenbeständen veranlaßt sie nach Hartig zuweilen frühzeitiges Vertrocknen der Blätter.

Seit einigen Jahren, auffallend seit 1908, tritt fast allenthalben in Mitteleuropa der Eichenmeltau, Oidium alphitoides Griffon et Maublanc, auf, besonders stark etwa von Mitte Juni an, gelegentlich auch viel früher. Er bildet besonders auf Stockausschlägen, Jungwüchsen und Johannistrieben, gelegentlich aber auch auf Eichenbeständen jeden Alters, auf beiden Seiten der Blätter dicke, weiße Ueberzüge, welche die Pflanzen stark beschädigen und selbst zum Absterben bringen können, wenn solche in den vorhergehenden Jahren sehr stark von Raupen befressen waren. Der Eichenmeltau ist mit keiner der Meltauarten identisch, die früher in Europa auf der Eiche gefunden wurden, auch nicht mit Oidium quercinum v. Thümen, obwohl er fälschlich oft so genannt wird. Phyllactinia corylea tritt nur auf der Blattunterseite auf und ihre Haustorien dringen durch die Spaltöffnungen ins Innere des Blattgewebes, die des Eichenmeltaus durchbohren die Epidermisaußenwand und breiten sich in den Epidermiszellen aus. Die Ascusfruchtkörper kennt man noch nicht. Der Pilz überwintert, wie Neger gezeigt hat, nicht durch Konidien, die weder gegen Austrocknung noch gegen Winterkälte genügend widerstandsfähig sind, sondern durch Mycel in den Knospen. Ein- bis zweimaliges Bespritzen der Pflanzen mit Schwefelkalkbrühe (1:20) hatte im Pflanzgarten guten Erfolg, die Triebe reiften gut aus, während die nichtbehandelten vertrockneten (Thar. Forstl. Jahrb. 1911, S. 1 ff.).

§ 113. Die schwarzen, als „Rußtau" bekannten Ueberzüge auf den Blättern der verschiedensten Bäume und Sträucher werden durch das kurzgliederige, dickwandige Luftmycel der der Gattung Apiospórium (Synon. die bekannteren Namen Capnódium, Fumágo) gehörigen Perisporiacee A. salicínum (Pers.) Kze. u. a. Arten, namentlich auf Pappeln und Weiden gebildet. — 2. A. pinóphilum Fuck. bedeckt oft ganze Zweige der Weißtanne samt den Nadeln mit schwarzem Ueberzuge. — Der Rußtau stellt sich gewöhnlich nach starker Vermehrung der Blattläuse ein, von deren süßen Ausscheidungen, dem Honigtau, der Pilz sich rein saprophytisch nährt; unterhalb der schwarzen Decke bleiben die Blätter durchaus grün. Bei sehr starkem Auftreten kann er Blätter allmählich zum Absterben bringen.

§ 114. Bei den Kernpilzen (Pyrenomycetes) kleidet das Hymenium die Innenfläche flaschenförmiger oder rundlicher, am Scheitel mit einer engen Oeffnung versehener Behälter, der Perithecien, aus, von deren Basis die Asci entspringen. Die Ascusfrüchte können aus einem einzigen Perithecium bestehen, gewöhnlich aber sind viele in einen charakteristisch gestalteten Fruchtkörper oder in ein flaches oder polsterförmiges Lager (Stroma) eingesenkt.



Die Gattung Néctria, aus der Familie der Hypocreaceae (mit weichen, gefärbten, in ein Stroma vereinigten Perithecien) besitzt gelb- bis rotgefärbte Perithecien, die sich auf einem ebenso gefärbten Stroma, gewöhnlich in dichten Rasen, entwickeln. Die Asci enthalten 8 zweizellige Sporen. Die drei Arten sind wesentlich durch die Nährpflanzen verschieden; wechselseitige Infektionsversuche blieben immer ohne Erfolg.

1. N. cinnabarína Fr. ist der gemeinste Saprophyt an abgestorbenem Laubholz, aus dessen Rinde zahllose, kleine, ziegelrote Konidienpolster hervorbrechen, auf denen im Herbst und Winter die dunkelroten Perithecien erscheinen. Das Mycel kann aber, besonders bei Aesculus und Ulmus, auch parasitisch von Wundstellen aus in lebende Aeste eindringen und sich im Holzkörper, besonders in den Gefäßen rasch verbreiten, so die Wasserleitungsbahnen verstopfen und die Aeste zum Absterben bringen. Die Stärke der Holzzellen wird aufgezehrt und im Innern der Zellen bleibt eine braune oder grünliche Substanz zurück, wodurch der Holzkörper schwärzlich gefärbt erscheint. Künstliche Infektionsversuche [1]) lieferten meist geringe Resultate, weil die Disposition für die Krankheit nicht vorhanden war. Nach Münch hängt die Disposition einer Holzart für Nectriabefall überhaupt (Gefährlichkeit der Pilze) sowie die Disposition der einzelnen Gewebe (Rinde, Kambium, Holz) und die durch die Jahreszeit, das Alter usw. bedingte Disposition ohne weiteres von dem Grade der Anreicherung mit Luft ab, den die Pflanze oder der Pflanzenteil zurzeit einer Infektion besitzt. Was sich jederzeit reichlich mit Wasser versorgen kann, enthält zu wenig Luft für das Pilzwachstum und die Gefahr einer erfolgreichen Infektion ist in den ersten Jahren nach dem Verpflanzen eines Baumes am größten, so lange ein ungenügendes Wurzelsystem und darum auch ungenügende Wurzeltätigkeit die Wasserversorgung des Baumes erschwert.

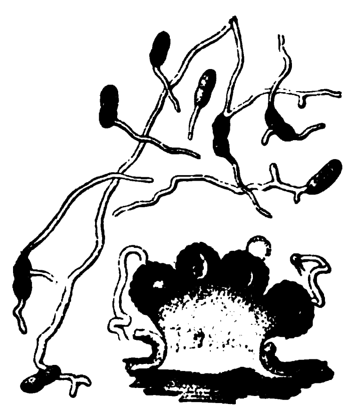


Abb. 81.
Nectria cinnabarina. Perithezienkolonie längs durchschnitten, welche die in Ranken austretenden Askosporen zeigt; ca. 5 mal vergr. Darüber keimende Askosporen, ca. 250 mal vergr. — Nach Tulasue.

2. N. ditíssima Tul. ist der Erzeuger des Laubholzkrebses, der sich am häufigsten an der Rotbuche findet. Sie tritt nur als Parasit, in der Regel als Wundparasit auf. Das Mycel lebt hauptsächlich in der Rinde und tötet dieselbe, langsam weiter wachsend. Die Krebsstellen entstehen, weil der Baum die allmählich größer werdenden abgestorbenen Partien alljährlich zu überwallen versucht. Die Konidienpolster sind weiß, die Perithecien rot. Bei Rotbuchen scheint das Mycel auch im Holze und zwar sehr schnell vorwärts wandern zu können, weil bei manchen Bäumen oft alle Aeste und Zweige bis zur Spitze zahlreiche Krebsgeschwülste tragen, ohne in ihrer Länge verkürzt zu sein. Auch hier spielt die Disposition zweifellos eine große Rolle, denn stark vom Krebs befallene Bäume stehen zumeist mitten unter völlig gesunden. Auch hier sind nach Münch Holz und Rinde bei höchstmöglichstem Wassergehalt für den Pilz unzugänglich; schon eine geringe Luftanreicherung ermöglicht das Wachstum in der Rinde und bei stärkerem Abtrocknen des Sprosses

1) Münch, Unters. über Immunität u. Krankheitsempfindlichkeit der Holzpflanzen (Natw. Z. f. Forst- u. Landw. 1909 S. 136 ff.).

vermag er auch in das Holz einzudringen. Darum findet Pilz wachstum hier in der Regel nur während der Vegetationsruhe statt. Je schlechter ein Baum im Saft steht, je ungünstiger ein Standort, desto öfter werden Perioden relativer Wasserarmut auftreten.

3. N. Cucurbítula Fr. ist ein Wundparasit der Fichte, seltener der Tanne, Kiefer und Lärche usw. Das Mycel verbreitet sich rasch in der Rinde, besonders in den Siebröhren und meist zur Zeit der Vegetationsruhe, und tötet die Rinde und an schwächeren Zweigen und Stämmen auch das Holz. In jungen Fichtenkulturen sterben so häufig die Gipfel ab. Die Fruchtkörper entwickeln sich nur, wenn die abgestorbene Rinde stets feucht erhalten wird. Zuerst brechen stecknadelkopfgroße, weiße und gelbe Konidienpolster hervor, auf denen später rote Perithecien gebildet werden.

§ 115. Aus der großen Pyrenomyceten-Familie der Sphaeriaceae (mit dunkeln, festwandigen oder kohlig-brüchigen Perithecien, die dem Substrate völlig frei aufsitzen oder von einer fädigen Unterlage umgeben, aber nie in ein eigentliches Stroma eingesenkt sind), kennen wir eine Anzahl von Baumschädlingen.

Dothidéa nóxia Ruhland, schädlich und selbst verheerend an Eichenheistern und jungen Stangen, seit 1903 besonders in Mecklenburg und Sachsen aber auch sonst verbreitet. Einzelne Triebe und Zweige sterben ab, mitunter wird die ganze Pflanze getötet. Charakteristisch ist eine bald einseitige, bald umfassende, gelbrötliche bis braune Zone, die sich deutlich von der gesunden, dunklen Rinde abhebt, nach oben wie unten weiter ausdehnt und abstirbt und aus der im April bis Anfang Juni die ½ bis 2 mm breiten, schwärzlichgrauen Pusteln des Pilzes hervorbrechen, Pykniden mit ovalen Konidien (Fusicoccum); viel später, bei weiterer Entwicklung treten dichtgehäufte Ascusfruchtkörperchen auf, mit hyalinen, farblosen, zweizelligen, spindelförmigen Sporen.

Trichosphaéria parasítica R. Hartig befällt überall die Weißtanne (selten Fichte und Tsuga) an luftfeuchten Orten, wo man in natürlichen Verjüngungen oder bei dichtem Pflanzenstand überall Zweige sieht, deren zum Teil gebräunte Nadeln herabhängen und nur durch ein feines Mycel festgehalten werden. Das farblose Mycel perenniert auf der Zweigunterseite und wächst von da auf die Unterseite der Nadeln, dieselben gleichsam festspinnend. Von den meist erst im folgenden Jahre getöteten alten Nadeln wächst das Mycel auf die jungen Maitriebe, tötet die noch nicht ausgewachsenen Nadeln der Zweigbasis sofort, während die mittleren und oberen auswachsen und erst später von dem langsam vordringenden Mycel ergriffen werden. Im Frühjahr sind mitunter junge Triebe dicht übersponnen und alle Nadeln getötet, so daß der Zweig abstirbt. Auf den anfänglich weißen, später bräunlichen Mycelpolstern der Blattunterseite entspringen mit bloßem Auge kaum wahrnehmbare, schwarze Perithecien mit borstenförmig abstehendem Haarbüschel auf der oberen Hälfte. Die Asci enthalten 8 sofort keimfähige, 4 zellige, hellgraue Sporen.

Herpotríchia nígra R. Hartig ist biologisch dadurch interessant, daß der Pilz in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft bei niederer Temperatur noch unter dem Schnee oder bei Abgang des Schnees wächst. Das rußgraue Mycel überzieht vom Schnee niedergedrückte Zweige und junge Pflanzen von Latschen und Fichten (und Wacholder) in höheren Gebirgslagen, Zweige und Nadeln bierfilzartig zusammenspinnend und tötend. Im Knieholz entstehen so große Fehlstellen, die aussehen, als ob alles durch Feuer verkohlt sei und ebenso

wird in höheren Gebirgslagen oft großer Schaden an Fichten Saat- und Pflanzbeeten, sowie an jungen, vom Schnee umgelegten Fichtenpflanzungen verursacht. — Die schwarzbraunen Perithecien sind ca. $\frac{1}{3}$ mm groß und enthalten in 2 Reihen 8, anfangs 2 zellige, leicht keimende Sporen.

Rosellínia quercína R. Hartig, der Eichenwurzeltöter, befällt und tötet bei feuchtwarmer Witterung die Wurzeln 1—3 jähriger (gelegentlich auch bis 10 jähriger) Eichen, infolgedessen die oberirdischen Teile verbleichen und vertrocknen; er ist namentlich im Nordwesten Deutschlands sehr verbreitet. Das Mycel dieses interessanten Parasiten besitzt dieselbe Mannigfaltigkeit, wie dasjenige von Agaricus melleus. An den kranken Wurzeln bilden sich stecknadelkopfgroße, schwarze Sklerotien, besonders an der Ursprungsstelle der feineren Seitenwurzeln. Daneben entstehen zwirnfadenähnliche, anfangs weiße, später bräunliche Stränge, die „Rhizoctonien", welche äußerlich die Wurzeln umspinnen, in der Erde weiter wachsen und die Krankheit von Wurzel zu Wurzel verbreiten; gelegentlich wuchert das weiße Mycel auch oberirdisch in dem grasigen Bodenüberzuge. Die Sklerotien bilden in feuchter Luft ein dichtes, weißgraues Schimmelmycel, das später ebenfalls Rhizoctonien bildet. Alle Mycelarten dringen in die lebende Rinde ein an Wurzelspitzen, durch die Lentizellen und besonders an der Basis der Seitenwurzeln, wo sich zunächst Infektionsknöllchen bilden, von denen bei günstigen Witterungsverhältnissen Mycelfäden ins Innere der Wurzel wachsen. Die Rindenzellen werden mit dichtem Mycel (Pseudoparenchym) erfüllt und getötet und schließlich dringt das Mycel bis zur Markröhre vor. Das Wurzelholz schwärzt sich zunächst und wird zuletzt weißfaul. Bei kaltem und trockenem Wetter vermag sich die Wurzel durch Wundkork zu heilen, welcher die Umgebung der Infektionsknöllchen an der Basis der Seitenwurzeln von dem gesunden Gewebe abtrennt. Das Luftmycel bildet im Sommer Konidien auf quirlförmig verästelten Trägern, außerdem entstehen stecknadelkopfgroße, schwarze, kugelige Perithecien entweder an der Oberfläche der kranken Eichenwurzeln oder in deren Nähe an den Rhizoctonien auf der Bodenoberfläche.



Abb. 82.
Herpotricha nigra auf einem Zweig von Pinus montana.
Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

Sphaerélla (neuerdings Mycosphaerella genannt) laricína R. Hartig, der Nadelschüttepilz der Lärche, ist nach Hartig einer der gefährlichsten Feinde der Lärche und großenteils die Ursache des Lärchensterbens in

den tieferen Lagen . Frühestens Ende Juni, meist erst im Juli werden die Nadeln braunfleckig (die von Chermes geniculatus angestochenen schon im Mai) und fallen bald ab; in nassen Jahren sind oft schon im August die meisten Nadeln abgeworfen. In trockenen Jahren tritt die Krankheit nur in dumpfen Lagen auf oder da, wo die Lärche in andere Nadelhölzer eingesprengt ist, zwischen deren Nadeln die infizierten, vorjährigen Lärchennadeln zum Teil hängen geblieben sind und Ascosporen gebildet haben. Mit Rotbuche unterbaut, oder mit derselben gemischt, gedeiht die Lärche in tieferen Lagen am besten, weil das abfallende Buchenlaub die viel früher abgefallenen Lärchennadeln bedeckt. — Das Mycel lebt interzellular. Die Konidienpolster durchbrechen die Epidermis der kranken, noch am Zweige hängenden Nadeln, bilden winzige, schwarze Pünktchen mit stabförmigen Konidien, werden durch Regen abgewaschen und verbreiten bei feuchter Witterung die Krankheit rapide. An den abgefallenen Nadeln entstehen im nächsten Frühjahr noch kleinere schwarze Pünktchen in großer Zahl, die Perithecien und vereinzelte Pykniden.

Aglaóspora taléola Tul. verursacht wahrscheinlich als Wundparasit nach R. Hartig an Zweigen und Stämmen junger Eichen, an denen noch keine Borkebildung aufgetreten ist, gelegentlich eine verderbliche Krebskrankheit, indem kleinere oder größere (bis mehrere Meter lange) Rindenstücke absterben, aufplatzen und allmählich überwallt werden. Das Mycel dringt auch etwas ins Holz ein, das sich oberflächlich bräunt. Auf der erkrankten Rinde, die später abgestoßen wird, neigen die Perithecien gruppenweise mit langen Hälsen unter dem Periderm zusammen und durchbrechen dasselbe nur mit der Perithecienmündung. Die Asci haben 8 2zellige Sporen mit fadenförmigen Anhänseln. Außerdem werden von dem Stroma, nahe der Perithecienmündung, noch 1zellige, sichelförmige Konidien abgeschnürt.

Gnomónia Véneta (Sacc.) Klebahn mit kugeligen, 130—430 μ großen Perithecien mit mehr oder weniger langem Schnabel und länglich-elliptischen, zweizelligen Sporen, deren Querwand sehr nahe am unteren Ende liegt, ist nach Klebahns Infektionsversuchen die zu Gloeospórium nerviséquium gehörige Perithecienform. G. n. ruft die bekannte Epidemie der Platanenblätter und gelegentlich auch der jungen Triebe hervor, der oft eine große Anzahl eben entfalteter, junger Blätter zum Opfer fallen, besonders in feuchten Frühjahren. Etwa von Mitte Mai ab werden die infizierten Blätter, hauptsächlich längs der Nerven, braunfleckig und verschrumpfen später. Auf den braunen Flecken sieht man bei schwacher Vergrößerung kleine, braune oder schwarze Pusteln in der Blattepidermis unter der emporgewölbten Kutikula. Diese Pusteln reißen am Scheitel auf und die kleinen, einzelligen, meist elliptischen Konidien treten in wurmförmigen, weißlichgelben Massen aus.

Das „Blauwerden" des Nadelholzes wird in erster Linie von Ceratostomélla pilífera (Fries) veranlaßt, die nach Münch[1]) in eine größere Anzahl neuer Spezies zerlegt werden muß. Das braungefärbte Mycel dringt von außen in die toten Stämme, namentlich in abständige Kiefern , dann in Fichten, am wenigsten in Tannen ein und verbreitet sich sehr schnell im Splintholz, während es das Kernholz mehr meidet. Unter besonderen Umständen (starke Entwässerung des Splintholzes durch Sägeschnitte) ließen sich auch künstliche Infektionen des Holzes erzielen. Das Blauwerden tritt schon nach einigen Wochen ein, der Pilz verbreitet sich hauptsächlich im Frühholz, lebt auf Kosten des Zellinhalts von Paren-

1) E. Münch, Die Blaufäule des Nadelholzes (Natw. Z. f. Forst- u. Landw. 1907 u. 1908).



chym- und Markstrahlzellen und vermag somit die Festigkeit des Holzes kaum zu verändern. Die Disposition für den Pilzbefall hängt lediglich vom Wasser- und Luftgehalt des Splintholzes ab; am intensivsten ist die blaue Farbe am glatt gehobelten Querschnitt. — Nicht damit zu verwechseln ist die durch Pezíza aeruginósa verursachte Grünfäule des Laubholzes; wenn das leuchtend grün bis schwarzgrün gefärbte (Buchen-)Holz in der Zersetzung noch nicht zu weit fortgeschritten ist, eignet es sich vortrefflich zu Fournieren, sowie zu kunstgewerblichen Gegenständen aller Art.

§ 116. Die Hypodermataceae oder Ritzenschorfe besitzen flache oder längliche Fruchtkörper, die Apothecien (wie bei den Discomyceten) genannt werden; ihre häutig-ledrige, schwarze Wandung ist mit den deckenden Substratschichten verwachsen und platzt nach der Sporenreife mit einem Längsspalt lippenartig auf. Bei feuchter Luft klappen die Ränder auseinander, bei trockener schließen sie die Spalte. Das geschlossene Apothecium ist von dichtgedrängten Paraphysen erfüllt, zwischen die sich die 8sporigen Asci einkeilen. Die Sporen sind meist fadenförmig mit aufquellbarer Gallertmembran. Die Apothecien entstehen erst an den schon seit



Abb. 83.
Lophodermium nervisequium. Weißtannenzweig von unten gesehen, die Apothecien in schwarzem Längswulst vereint. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.



Abb. 84.
Tannennadeln mit Lophodermium nervisequium, links Unterseite mit dem Apothecium, rechts die Oberseite mit den Pykniden. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

einiger Zeit vom Mycel getöteten Pflanzenteilen. Außerdem werden noch kleine, 1 zellige Konidien in Pykniden gebildet.

Die Gattung Hypoderma hat keine lang fadenförmigen Sporen, diese sind stets viel kürzer als die Schläuche und zur Reifezeit 2zellig.

H. brachýsporum (Rostr.) Tubeuf, der Nadelritzenschorf der Weymouthskiefer, tötet die Nadeln und jungen Triebe und kann ganze Waldpartien durch völlige Entnadelung vernichten; besonders schädlich ist er in Dänemark aufgetreten; in Deutschland anfangs nur vereinzelt, seit 1907 viel heftiger (Freising, Trippstadt). Die Nadeln bräunen sich schon im Sommer, die Apothecien erscheinen als feine, schwarze Linien; im Winter fallen die Nadeln ab. Die Ascosporen sind gestreckt oval.

Die Gattung Lophodérmium hat langgestreckte, einzellige, fadenförmige Ascosporen; die Paraphysen sind zum Teil durch Querwände gegliedert und am Ende knopfförmig verdickt oder hackig gebogen.

1. L. nervisćquium D. C., der Weißtannenritzenschorf, ist überall verbreitet, wo die Tanne heimisch ist; schädlich wird er nur dann, wenn der größte Teil der Nadeln unter Bräunung abstirbt. Die abgestorbenen Nadeln bleiben lange am Zweige sitzen. Die Bräunung der Nadeln erfolgt im Mai bis Juli an 2 jährigen, ins dritte Jahr eintretenden Nadeln. Wenige Monate nach der Bräunung erscheinen die Pykniden auf der Nadeloberseite als 2 wellig gekräuselte, schwarze Längswülste. Später bilden sich die Apothecien in einem Längswulst auf der Mittelrippe der Unterseite, in der Regel im April des nächsten Jahres, also am dreijährigen Trieb reifend. Die meisten der erkrankten Nadeln fallen schon früher ab und entwickeln am Boden ihre Apothecien.

2. L. macrósporum R. Hartig, der Fichtenritzenschorf, erzeugt die Fichtennadelröte, die in 10—40 jährigen Beständen sehr verschiedenartig, in manchen Jahren ungemein intensiv und gefährlich auftritt. Entweder bräunen sich die Nadeln vorjähriger Triebe im Frühling und bilden im Sommer (Juli) die Perithecien, welche in den mittlerweile 2 jährig gewordenen Nadeln im April und Mai des nächsten Frühjahrs reifen (so z. B. im feuchten Klima des Erzgebirges von Har-



Abb. 85.
Lophodermium macrosporum. Fichtenzweig mit gebräunten Nadeln an den oberen, zweijährigen Trieben und mit Apothecien an den Nadeln des dreijährigen Triebs. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.



Abb. 86.
Lophodermium macrosporum. Apothecien auf einer Fichtennadel. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

tig beobachtet), oder die Nadeln bräunen sich erst im Herbste (Oktober) an 2 jährigen Trieben, die erste Anlage der Apothecien erfolgt im Juni des nächsten Jahres an den im dritten Jahre stehenden Nadeln und die Sporenreife im März oder April des folgenden Jahres, wenn die Nadeln nahezu das dritte Jahr vollendet haben. Dazu kommt noch im Herbst mitunter eine „Schütte“ einjähriger, gebräunter Nadeln, an denen sich nur kleine, isolierte Apothecienhöcker bilden. — Die Apothecien entwickeln sich als lange, glänzend-schwarze Wülste auf den beiden Unterseiten der 4 kantigen Nadeln. Die Sporen sind doppelt so lang, als beim Weißtannenritzenschorf.

3. L. abíetis Rostr. bildet nach Rostrup auf der Fichten- und Tannennadel keine Längswülste, sondern erst gelbe Flecke und dann große, schwarze Punkte, wobei sich die Nadel verfärbt. — 4. L. laricínum Duby auf Lärchennadeln mit sehr kleinen ($^1/_{10}$— ½ mm) Apothecien, selten. — 5. L. juni-

perinum Fries auf Nadeln des gemeinen Wacholders. — 6. L. gilvum Rostr. befällt und tötet die Nadeln von Pinus Laricio. —

7. L. Pinástri (Schrad). Chevall., der Kiefernritzenschorf[1][2]), verursacht die überall verbreitete und höchst gefährliche Nadelschütte der Kiefer, die aber auch andere Gründe, wie Spätfrost, Auffrieren, Vertrocknen usw. haben kann und die als spezifische Kinderkrankheit vornehmlich 1—4 jährige Pflanzen unter allen Klima- und Bodenverhältnissen befällt und tötet; ältere Pflanzen werden relativ wenig von ihr geschädigt. Wie bei allen Ritzenschorfen hängt die Entwicklung ungemein von der Witterung ab, da die Fortpflanzungsorgane des Pilzes nur in abgestorbenen Nadeln gebildet werden und hierzu feuchtes Wetter Vorbedingung ist. Demgemäß hemmen trockene Sommer und kalte Winter die Entwicklung und Ausbreitung der Pilzschütte in hohem Grade, während regnerische Sommer und feuchtwarme Winter sie ebenso begünstigen. Die ersten Krankheitssymptome, gänzliche oder teilweise Rötung der Nadel, sind etwa Ende September bemerkbar; im Herbst und Winter nimmt die Rötung langsam zu, um im März-April oft außerordentlich schnelle Fortschritte zu machen. Im April/Mai ist bei schwerer Schüttekrankheit oft kaum noch eine grüne Nadel zu sehen. Ein großer Teil der entnadelten Pflänzchen begrünt sich von neuem und treibt aus den unversehrten Knospen wieder neue Triebe. An den im Frühjahr abgeworfenen Nadeln ist zur Zeit des Abfalls meist nichts von Fruchtkörpern zu sehen. Bei den auf feuchtem Boden liegenden Nadeln sind die Apothecien 1—1½ Monate nach der Bildung des ersten Apotheciums reif und das Sporenauswerfen hört hier nach 2—3 Monaten auf. Bei den an freier Luft hängenden Nadeln tritt die Apothecienbildung wesentlich später (bis 4 Monate) auf, die Apothecien werden nicht gleichzeitig gebildet, sondern es werden immer wieder neue nachgebildet und der Höhepunkt der Sporenverbreitung wird hier spät erreicht. Die Hauptinfektionszeit ist von Ende Juli bis Mitte September; zu dieser Zeit allein gewährt die Bespritzung mit Kupferkalkbrühe den gewünschten Schutz, diesjährige Sämlinge ausgenommen, an denen die Brühe nicht haftet. Die im Frühjahr abfallenden Nadeln der jungen Pflanzen sind es hauptsächlich, die im Spätsommer die Krankheit durch Ansteckung ver-




Abb. 87
Einjährige Kiefer im Frühjahr, durch Lophodermium Pinastri befallen: a gesunde Nadel; b Nadel deren Spitze braun, deren Basis noch grün ist; c grüne Nadel mit vielen braunen Flecken; d Nadel 'deren obere Hälfte sich schon im Winter bräunte und jetzt Pykniden des Lophodermium Pinastri trägt, während die Basis erst kürzlich getötet wurde; e völlig getötete und mit Pykniden besetzte Nadel. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

1) C. v. Tubeuf, Studien über die Schüttekrankheit der Kiefer 1901. 160 p. gr. 8⁰ mit 7 Tfln. (Arb. a. d. biol. Abt. a. Kais. Ges.-Amt II. 1.)

2) Haack, Der Schüttepilz der Kiefer, Z. f. Forst- u. Jagdw. 1911 S. 329 ff.

b r e i t e n. Beim Altholz ist die Entwickelung des Pilzes nicht so einheitlich, die Zeit der Sporenverbreitung reicht hier tief in den Winter hinein. Die I n f e k t i o n wird nur durch die A s c o s p o r e n vermittelt; die Konidien, welche in den vor den Apothecien auftretenden Pykniden gebildet werden, kommen für die starke Ausbreitung der Krankheit im Winter n i c h t in Betracht; sie konnten bis jetzt weder zur Keimung noch zur Infektion gebracht werden. Die M a y r'sche Annahme von 2 biologischen Rassen der Schütte, einer infektiösen auf Keimpflanzen und einer zweiten, unschädlichen auf Altholznadeln, ist sicher irrig. Negative Infektionsversuche sind hier mit besonderer Vorsicht zu deuten, weil die ausgeworfenen Sporen nicht immer keimfähig sind, namentlich im Winter, und weil die Keimfähigkeit sehr rasch, nach etwa 3 Wochen, verloren geht. Ascosporen werden auf Altholz- wie auf Kulturnadeln gebildet. Die s t ä r k s t e S p o r e n e n t w i c k l u n g, d e r G r ö ß e d e r I n f e k t i o n s g e f a h r e n t s p r e c h e n d, findet auf K u l t u r f l ä c h e n statt, die s c h w ä c h s t e in g e m i s c h t e n B e s t ä n d e n mit lebhafter Zersetzung der Bodenstreu. Die Schüttesporen gehören nach F a l c k zu den „Schwebesporen" und werden auch durch die vom Erdboden aufsteigenden „Temperaturströmungen" in die Höhe gehoben. Solche gleichmäßig über weite Flächen und längere Zeit hindurch in der Luft schwebende Sporen veranlassen die sog. „Ferninfektion", im Gegensatze zur „Nahinfektion" oder lokalen Ansteckung in der unmittelbaren Nähe (1—3 m) sporenverbreitender Nadeln durch gegenseitige Ansteckung in sehr dicht stehenden Kulturen. Wegen der geringeren Ansteckungsgefahr sind Pflanzungen im allgemeinen weniger als Saat und dünne Saat weniger als dichte Saat gefährdet. — Die aus n o r d europäischem Samen erwachsene Kiefer ist die schüttefesteste, aber auch die trägwüchsigste; unter gewöhnlichen Umständen erliegen von ihr höchstens einige Prozent, sehr starker Schütte aber erliegt auch sie beim ersten Angriff. Die Pflänzchen aus s ü d europäischem Samen sind besonders empfindlich („schütteverloren"). Da es keine a b s o l u t schüttefeste Kiefer gibt, sondern nur gradweise verschiedene Empfindlichkeit, muß für die Wahl des Saatgutes allein die waldbauliche Forderung maßgebend sein: „Aussaat nur des besten, standortsgemäßen, einheimischen Samens." Außer auf der gemeinen Kiefer kommt L. P., bis dato in f o r s t l i c h b e d e u t u n g s l o s e r W e i s e, a u c h a u f P. m o n t a n a, Laricio (und vielleicht andern Zweinadlern) und P. Cembra vor.

1. H y p e r d e r m é l l a L á r i c i s v. Tubeuf, ist ein nach S c h e l l e n b e r g im Lärchengebiet der Schweizer Alpen, nicht aber im Mittelland allgemein verbreiteter P a r a s i t d e r L ä r c h e, der die ganzen Nadelbüschel tötet und leicht mit Lophodermium laricinum (s. o.) verwechselt wird. Seine A p o t h e c i e n, meist in einer Längsreihe auf der Mitte der Nadel, sind noch kleiner, als bei L. l. und g l ä n z e n d e r schwarz; der Ascus enthält bloß v i e r t r ä n e n f ö r m i g e, 1 zellige Sporen und die Paraphysen sind e i n f a c h, am Ende nicht verdickt oder verbogen.

2. H. s u l c í g e n a (Link) Tub. findet sich auf Nadeln von Pinus silvestris und montana.

§ 117. Die S c h e i b e n p i l z e (D i s c o m y c é t e s) besitzen anfangs in der Regel geschlossene, zur Reifezeit s c h e i b e n- oder b e c h e r f ö r m i g offene Fruchtkörper, A p o t h e c i e n genannt, an deren Oberfläche die Asci mit den Paraphysen, das Hymenium, ausgebreitet sind. Die Hauptmasse des Fruchtkörpers wird von dem unter dem Hymenium liegenden H y p o t h e c i u m gebildet. Forstliche Parasiten finden sich in den Familien der R h i z i n a c e a e, P h a c i d i a c e a e und P e z i z a z e a e.

Zur Familie der Rhizinaceae, mit fleischig wachsartigem, stiellosem Fruchtkörper, von Anfang an freiliegendem, nicht vertieftem Hymenium und mit Deckel aufspringenden Schläuchen, gehört Rhizína unduláta Fr., der Wurzelschwamm oder die Ringseuche, der als Saprophyt im Walde besonders auf Brandplätzen vorkommt, als Parasit die Wurzeln in- und ausländischer Nadelhölzer verschiedenen Alters angreift. Junge Pflanzen verlieren die Nadeln und sterben ab; in ihrer Umgebung erscheinen später die 1—5 cm großen, flach ausgebreiteten, sammetglänzenden, dunkelbraunen, morchelähnlichen Fruchtkörper. Das aus den zu je 8 in einem Ascus gebildeten, hyalinen, kahnförmigen Sporen sich entwickelnde Mycel wächst interzellular im Rindenparenchym und im Lumen der Siebröhren. Aus den erkrankten Wurzeln treten rhizoctonienartige Stränge sowie fädiges Mycel aus und verbreiten unterirdisch die Krankheit zentrifugal.

§ 118. Zu den Phacidiaceae, in deren mit dem Substrat verwachsenes, schwarzes Stroma die dickwandigen, in der Mitte lappig aufreißenden Fruchtkörper eingesenkt sind, gehören:

1. Rhytísma acerínum (Pers.) der Ahorn-Runzelschorf, welcher überall im August auf den grünen Blättern des Spitzahorns, etwas weniger häufig auf denen des Berg- und Feldahorns tintenklecksähnliche, ca. 1—2 cm große, schwarze Flecken (flache Sklerotien) oft in großer Zahl bildet. Die Blätter fallen meist etwas vorzeitig ab. Auf den abgefallenen Blättern sind im folgenden Frühjahr die Sklerotien etwas dicker und durch die wurmförmigen, etwas vortretenden Apothecien gehirnartig gerunzelt. Aus den bei nassem Wetter mit Längsspalt aufplatzenden Apothecien werden die mit Gallerthülle versehenen, fädigen Ascosporen im Mai oder Juni mit großer Kraft ausgeschleudert und vom Wind auf die Bäume getragen, wo 3 Wochen nach der Infektion schon gelbe Flecken zu sehen sind. Aehnlich wie viele Rostpilze zerfällt Rh. acerinum nach K. Müller (D. bot. Ges. 1912) in biologische Rassen, die sich morphologisch nicht sicher auseinanderhalten lassen: Skerotien des Spitzahorns infizieren hauptsächlich Spitz- und Feldahorn, Bergahorn (und Acer dasycarpum) nur teilweise und nur schwach; Skerotien des Bergahorns, die etwas dicker und kleiner sind, infizieren nur und zwar sehr stark den Bergahorn, solche vom Feldahorn sehr stark den Feldahorn, schwächer den Bergahorn, nicht den Spitzahorn. 2. Rh. punctátum (Pers.) bildet auf den Blättern des Bergahorns aus zahlreichen, ca. 1 mm großen, schwarzen Punkten zusammengesetzte Flecken, in deren nächster Umgebung das Blatt länger grün bleibt, so daß im Herbste die Rhytismaflecken in grünen Inseln des gelben Blattes eingebettet sind. 3. Rh. salicínum (Pers.) erzeugt auf den Blättern der verschiedensten Weidenarten große und kleine schwarze Flecken. 4. Rh. symmétricum J. Müller solche besonders stark auf den Blättern der Purpurweide, wo auf Ober- und Unterseite Apothecien gebildet werden, die nach Schröter schon im Herbste auf den noch lebenden Blättern reifen.

Cryptomýces máximus (Fries.) bildet auf der Rinde verschiedener Weidenarten breite, schwarze Krusten, die große Strecken der lebenden Zweige bedecken, bei Regen gallertig aufquellen, beim Trocknen sich abrollen und große Narben in der Rinde zurücklassen. Die ovalen Sporen dürften nach v. Tubeuf alsbald junge Triebe infizieren, in welchen das Mycel offenbar überwintert. Oberhalb des Fruchtlagers sterben die erkrankten Weidenzweige ab.

Sclerodérris fuliginósa (Fries.) tötet nicht nur schwache Zweige, sondern auch starke Aeste der verschiedensten Weiden. Auf der Rinde bilden

sich ausgedehnte, schwarze Krusten, aus denen die kleinen, gestielten, schüsselförmigen Apothecien in großen Massen hervorbrechen. Der Pilz tötet Rinde, Kambium und die angrenzenden Holzpartien, so daß befallene stärkere Zweige an den erkrankten Stellen sich unregelmäßig verdicken, bis sie getötet werden.

§ 119. Zu den Pezizaceae, mit schüssel- oder krugförmigen, fleischigen oder wachsartigen, oft lebhaft gefärbten Apothecien gehören:

1. Sclerotínia Aucupáriae Ludw., mumifiziert durch Sklerotienbildung die Früchte von Sorbus Aucuparia, 2. S. Pádi Wor. diejenigen von Prunus Padus, 3. S. Betulae Wor., diejenigen der Birke, deren Nüßchen an Stelle der elliptischen eine herzförmige Gestalt bekommen, 4. S. Alni Naw., diejenigen der Erle, ähnlich wie Heidelbeere, Preiselbeere, Moosbeere, Rauschbeere durch entsprechende Sklerotinien mumifiziert werden. — Aus den Sklerotien entwickeln sich bei hinreichender Feuchtigkeit im Frühjahr die gestielten Peziza-Schüsselfrüchte.

Die Konidienform von Sclerotínia Fuckeliána de Bary, der gemeine Traubenschimmel Botrytis cinérea, der gewöhnlich saprophytisch lebt, geht sofort zur parasitischen Lebensweise über, wenn er ein geeignetes Substrat findet, d. h. einen Pflanzenteil mit durch Spätfrost, Insektenbeschädigung usw. geschwächtem Turgor; er tötet in nassen Frühjahren und Vorsommern mitunter die Nadeln und jungen Triebe der Weißtanne, der Fichte und der Douglastanne (Syn. B. Douglásii Tub.), selten der Lärche und Kiefer. Bei der Weißtanne können auch vorjährige Triebe ergriffen werden.



Abb. 88.
Dasyscypha Willkommii. 1. Fruchtkörper auf einem krebsigen Lärchenast; 2. desgl. auf dem Astquerschnitt, der die Vergrößerung der Krebsstelle von Jahr zu Jahr zeigt; 3. Fruchtkörper schwach vergr. — Aus v. Wettstein, Syst. Botanik.

Dasýscypha (syn. Pezíza) Willkómmii R. Hartig verursacht den gefährlichen Lärchenkrebs. Die Sporen infizieren unter noch nicht genügend bekannten Umständen wohl zumeist von Kurztrieben aus die Rinde. Das Mycel verbreitet sich teils interzellular, teils im Lumen der Siebröhren, die Gewebe tötend und dringt später in das Holz vor bis zur Markröhre. Das getötete Rindengewebe wird im Sommer durch eine breite Wundkorkschicht von der lebenden Rinde abgetrennt. Im Herbste kommt das Mycel, das anscheinend nur zur Zeit der Vegetationsruhe wächst, vom Kambium oder Holzkörper in die lebende Rinde zurück; alljährlich wird so eine schmale Zone der Rinde und des angrenzenden Holzes getötet und alljährlich vergrößert sich die Krebsstelle, die gewöhnlich Harzfluß zeigt und sich in der Mitte, wo das Gewebe am längsten getötet ist, immer tiefer einsenkt und unregelmäßiges Dickenwachstum des Stammes oder Astes veranlaßt. Stammkrebse können in den Alpen Metergröße und ein Alter von über 100 Jahren erreichen. Bei raschem Wachstum, wie es namentlich bei uns der Fall ist, umfaßt der Krebs bald das ganze Stämmchen und dessen oberer Teil stirbt ab. Die Geschwindigkeit des

Pilzwachstums hängt nach Münch (l. c.) auch hier vom Luftgehalt der Rinde ab und wie beim Laubholzkrebs erklärt das auch die Stockung im Pilzwachstum zur Vegetationszeit. Die Breite der alljährlich vom Pilze getöteten Rindenzone hängt außerdem noch von der zurzeit der Vegetationsruhe herrschenden Temperatur ab, weil der Pilz nur zu dieser Zeit im lebenden Baum wachsen und Krebs erzeugen kann, wofür also nur mildes Herbst- und Frühlingswetter, sowie Tauwetter im Winter in Frage kommen wird. Dann sind aber die Wachstumsbedingungen für den Pilz in Tiefebenen und Mittelgebirgen viel günstiger wie im Hochgebirge und es ist selbstverständlich, daß der Pilz in tiefen Lagen am verderblichsten auftritt. Auf den Krebsstellen brechen bald nach dem Tode des Rindengewebes junge, gelbe, stecknadelkopfgroße Pusteln hervor, die auf ihrer Oberfläche wie in inneren Höhlungen dicht von feinen, pfriemenförmigen Konidienträgern besetzt sind, welche kleine, einzellige Konidien abschnüren. An den gleichen Stellen bilden sich später die Fruchtkörper, die aber nur in anhaltend feuchter Luft zur Reife kommen und sich gewöhnlich im August oder September zu den 1—4 mm großen, orangeroten, weißberandeten Pezizaschüsseln entwickeln. Asci 90—180 μ lang, 8—10 μ breit, Sporen spindelförmig, 16—25 μ lang, 6—8 μ breit. An abgefallenen Zweigen sind die Schüsseln gemein, auch ohne Krebsstellen.

Dasyscýpha calycifórmis Willd., von vorstehender Art nur mikroskopisch durch die kleineren Schläuche (50—60 μ lang, knapp 5 μ breit) und Sporen (5—7 μ lang, 2,5—3 μ breit) zu unterscheiden, ist stellenweise ein gemeiner Saprophyt auf Weißtannenreisig, vermag aber hier auch als Wundparasit aufzutreten und die Tanne unter Rotfärbung der Rinde zum Absterben zu bringen. Bei der Fichte, an kräftigen wie an unterdrückten Bäumen, ruft er dem Lärchenkrebs gleichende, krebsartige, vertiefte Wülste hervor; er ist hier nach Zederbauer (Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1901 H. 1) bis jetzt hauptsächlich in Oesterreich beobachtet worden.

Cenángium Abíetis (Pers.) Duby, im allgemeinen ein harmloser Saprophyt, kann nach Frank Schwarz[1]) gelegentlich parasitisch auftreten und selbst große Epidemien verursachen (1891 und 1892 in Norddeutschland). Der Pilz, der das auch aus anderen Ursachen eintretende Triebschwinden der gemeinen und der Schwarz-Kiefer verursacht, befällt nur Bäume von geschwächter Lebenskraft und nie solche unter 5 Jahren. Die Infektion erfolgt nur während der Ruheperiode der Pflanzen, das Mycel wächst hauptsächlich in der Rinde und bringt im Frühjahr namentlich die letzten Jahrestriebe mit den Endknospen zum Absterben, nachdem vorher die von der Basis her rot gewordenen Nadeln abgefallen sind. Später können auch ältere Teile und selbst ganze Pflanzen absterben. Nach v. Tubeuf können die Triebe auch nur lokal in größerer oder kleinerer Ausdehnung erkranken. — Die 1½—2½ (3) mm großen, schwarzen, pustelförmigen, fast ganz geschlossenen, nur bei Regenwetter sich öffnenden Apothecien brechen sehr zahlreich, zu kleinen Gruppen oder Streifen vereinigt, hauptsächlich an mehrjährigen, später auch an einjährigen Trieben und hier an den Blattnarben, selten an den Nadeln selbst hervor. Die etwas kleineren Pykniden bilden entweder 1 zellige, stäbchenförmige, oder mehrzellige, sichelförmige Konidien. — An den erkrankten Bäumen traten zumeist Nachkrankheiten auf (Spanner, Nonne, Gallmücken und Käfer), die schädlicher als die primäre Erkrankung wirkten.

1) Frank Schwarz, Die Erkrankung der Kiefern durch Cenangium Abietis. Jena 1895. 126 p. 8⁰. 2 Tfln., vgl. auch v. Tubeuf, Schüttekrankheit l. c.



§ 120. Aus der großen Zahl der Fungi imperfecti, wie man die Pilze mit nur unvollkommen bekanntem Entwickelungsgange nennt, können hier nur einige der wichtigeren Arten aufgeführt werden, die wegen ihrer Konidien- und Pykniden-fruktifikation zu den Ascomyceten gerechnet werden:

1. Phóma abiétina R. Hartig, verursacht die Einschnürungskrankheit der Tannenzweige. In Tannenwaldungen findet man häufig abgestorbene, benadelte Zweige und Gipfel der Unterwüchse, die eine breite, ringförmige Einschnürung mit abgestorbener Rinde aufweisen; aus letzterer brechen zahlreiche, kleine, schwarze Pykniden hervor, deren Sporen in tieferen Lagen im Spätsommer oder Herbst, in höheren im Winter oder Frühjahr infizieren. Im Frühjahr sterben die einjährigen Zweige ohne Einschnürung ab; diese tritt nur bei stärkeren Zweigen auf, die nach der bis auf das Kambium reichenden Tötung der Rinde oberhalb und unterhalb der erkrankten Stelle noch ein oder einige Jahre in die Dicke wachsen. Durch andere Ursachen geschwächte Tannen können an dem Pilz eingehen.

2. Ph. Píthya Sacc. ruft eine ähnliche Krankheit auf den Zweigen der Douglastanne, der Weymouths- und der gemeinen Kiefer hervor, 3. Ph. sórdida Sacc. verursacht in nassen Sommern ein Absterben junger Weißbuchentriebe, deren Blätter noch den ganzen Sommer über hängen bleiben.

Septória parasítica R. Hartig, der Pilz der Fichtentriebkrankheit, nach Neger wahrscheinlich ein Sammelbegriff für verschiedene, ähnliche Pilze mit gleichen Krankheitssymptomen, tötet häufig die Gipfel der Fichte (und anderer Nadelhölzer), von Säm- und Pflänzlingen bis zu 30jährigen Stangenhölzern. Ende Mai oder Anfang Juni hängen die jungen Triebe, namentlich, wenn sie an der Basis infiziert wurden, schlaff herab und vertrocknen bald. Im Sommer brechen an den getöteten Zweigen die kleinen, schwarzen Pykniden aus der Rinde hervor, namentlich an den Nadelpolstern und der Zweigbasis sowie aus den Nadeln der äußersten Triebspitze. Infektion im Frühjahr tötet die jungen Triebe nach 1—2 Wochen.

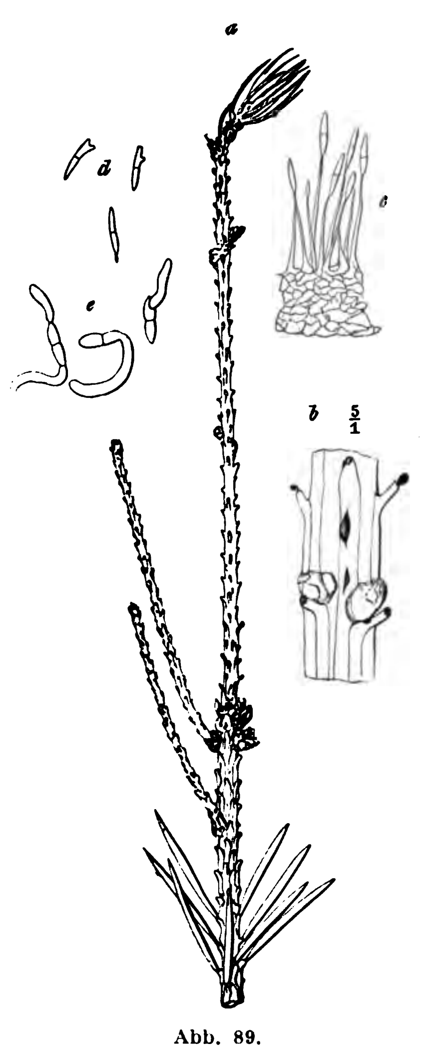



Abb. 89.
Durch Septória parasítica getöteter Fichtenzweig, von dem aus auch die Spitze des vorjährigen Triebes mit den beiden Seitentrieben getötet wurde; b Pykniden (in 5facher Vergr.) aus der Rinde und den Nadelkissen hervorbrechend; c Konidienbildung aus dem Innern einer Pyknide, Vergr. 240; d Konidien in Wasser, e in Nährgelatine keimend. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

Brunchórstia Píni Allescher, verursacht vielfach eine von der Rinde

beginnende und im Sommer bis zur Nadelbasis sich verbreitende Triebkrankheit von Pinus Laricio. Die kleinen Pykniden entwickeln sich an der Nadelbasis, unter den Nadelscheiden versteckt.

Hendersónia acícola, Münch und Tubeuf, ruft eine in der äußeren Erscheinung an Schütte oder Rauchbeschädigung erinnernde, an jüngeren (6—25-jährigen) Bäumen anscheinend weit verbreitete Erkrankung der Kiefernnadeln im Nachsommer hervor und kann mehrere Jahre hintereinander auftreten. An den Nadeln ist häufig nur der obere Teil erkrankt und gebräunt, an den kranken Stellen zeigen sich schon im Hochsommer schwarzviolette Punkte und Striche, die unter der Epidermis gelegenen Pykniden von ca. 140 μ Durchmesser, aus deren kreisförmiger Oeffnung die braunen, meist dreizelligen, seltener zwei- oder vierzelligen, 14—15 μ langen und 4—5 μ breiten Pyknosporen wurstförmig herausgepreßt werden.

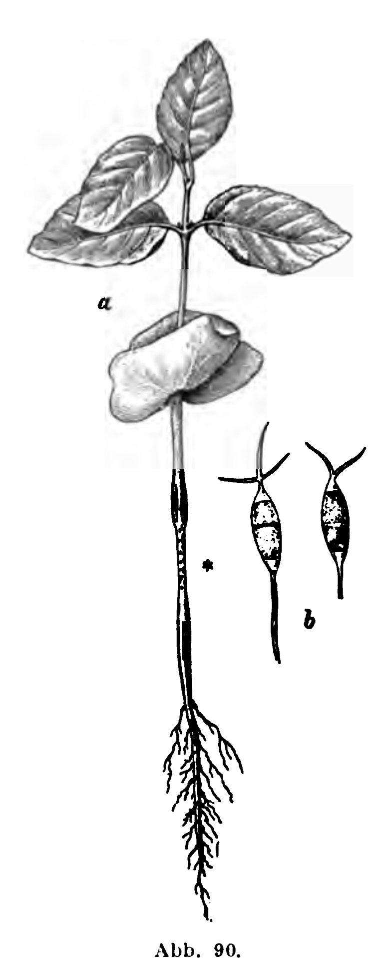



Abb. 90.
Pestalózzia Hartígii.
a. Buchenkeimlingspflanze mit einer durch den Pilz verursachten, eingeschnürten Stelle (*) am Stengel. b. zwei isolierte Sporen. — Nach Rostrup aus v. Tubeuf, Pflanzenkrankheiten.

Pestalózzia Hartígii Tubeuf. die überall verbreitete Einschnürungskrankheit junger Holzpflanzen, namentlich in Pflanzbeeten, wenn die jungen Pflänzchen zum Schutze gegen das Ausfrieren mit einer Moos- oder Laubdecke umgeben werden und so für mit Feuchtigkeit gesättigte Luft in der Umgebung der Pflänzchen gesorgt ist. Sie befällt hauptsächlich junge Fichten und Tannen, aber auch Rotbuchen, Eschen, Ahorn und andere Laubhölzer. Dicht über dem Boden ist das Stämmchen mehr oder weniger augenfällig eingeschnürt, die Blätter oder Nadeln vergilben zuerst, die Pflanze kümmert und stirbt schließlich ab. In der Rinde der eingeschnürten Stelle findet sich ein zartes Stroma mit konidienabschnürenden Höhlungen. Die 18—20 μ langen Konidien, in schwarzen Zäpfchen aus der Epidermis tretend, besitzen zwei mittlere braune Zellen, die zusammen eine tonnenförmige Figur bilden, eine lange, hyaline Stielzelle und eine kleine, hyaline Endzelle mit 2—3 hyalinen Borsten.

Eine ähnliche Erkrankung an Chamaecyparis, Juniperus und anderen Koniferen soll durch die gewöhnlich saprophytisch lebende Pestalózzia funérea Desm. veranlaßt werden, deren fünfzellige Sporen 22—32 μ lang, 6—8 μ dick sind und in der Mitte drei dunkelbraune Zellen besitzen.

Septogloéum Hartigiánum Sacc. tötet nach Hartig 1 jährige Zweige des Feldahorns im Frühjahr vor dem Laubausbruch. Die strichförmigen, graugrünen Konidienpolster erscheinen im Frühjahr in großer Zahl. Die Konidien infizieren die jungen Maitriebe, die sich zunächst normal entwickeln und erst im nächsten Frühjahr absterben.

Fusóma Píni R. Hartig (syn. F. parasíticum Tubeuf) ruft im Mai und Anfang Juni in Fichten- und Kiefernsaatbeeten (gelegentlich auch bei Erlen-, Birkenkeimpflanzen usw.) eine Keimlingskrankheit hervor, die sich in ihren äußeren Erscheinungen kaum von der durch Phytophthora erzeugten unterscheidet. Nasses Wetter ist der Ausbreitung der Krankheit sehr förderlich, da dann das Pilzmycel aus den erkrankten Pflanzen auch nach außen hervorwächst und die benachbarten Pflanzen infiziert; die getöteten Pflänzchen verfaulen dann bald unterirdisch. An dem Luftmycel bilden sich reichlich sichelförmige, meist 6-zellige Konidien, die schnell keimen und die Krankheit verbreiten.

Alleschéria (Hartigiélla Syd.) Láricis R. Hartig ruft im Mai und Juni, namentlich bei feuchter Witterung, eine verderbliche Nadelkrankheit der Lärche, besonders in Saat- und Pflanzbeeten hervor, wobei die Nadeln braune Flecke bekommen oder ganz absterben. Aus den Spaltöffnungen wachsen dichtgedrängte, kurze Konidienträger hervor, teilen sich durch Querwände in 3—4 Zellen und aus jedem Segment bildet sich, wie bei den Basidien der Uredineen, eine auf kurzem Sterigma stehende, einzellige, biskuitförmige Konidie.

1. Fusicládium (zu Ventúria gehörig) dendriticum (Wallr.) Fuck. ruft an lebenden Blättern, Früchten und Zweigen der Apfelbäume (und Ebereschen), 2. F. pirínum (Lib.) Fuck. an denen der Birnbäume braune Flecken mit stacheligem Rand („Schorf") hervor und kann bei starkem Auftreten sehr schädlich werden. — 3. F. Trémulae Frank tötet die Blätter der Aspe; die Blätter fallen ab, die Triebe vertrocknen. An den zum zweitenmal gebildeten Trieben kann sich die Krankheit im Sommer wiederholen.

1. Cercóspora acerína R. Hartig verursacht, namentlich in regnerischen Jahren, eine Keimlingskrankheit der Ahornpflänzchen: Die Keim- und ersten Laubblätter sowie die Triebachsen werden schwarzfleckig oder ganz schwarz und verfaulen. Aus den erkrankten Teilen wachsen zahllose, kurze Konidienträger hervor, die auf ihrem Scheitel Büschel von langen, geschweiften, mehrzelligen Konidien erzeugen. Das interzellulare Mycel bildet durch Anschwellen kurzer Zellreihen braune, fädige Dauermycelien (einfachste Sclerotiumform), welche die Krankheit ins nächste Jahr übertragen.

2. C. microsóra Sacc. erzeugt auf den Blättern der Linde kleine, schwarze Flecken und verursacht oft massenhaften, vorzeitigen Laubfall.

### 3. Basidiomycetes.

Die Basidiomyceten sind durch den Besitz von Basidien charakterisiert, d. h. Konidienträgern, welche nach Form, Größe, Zahl der Sporen und Entstehungsort derselben vollkommen bestimmt sind und welche bei den höheren Formen an der Oberfläche oder in Hohlräumen ungeschlechtlich entstandener Fruchtkörper ein Hymenium bilden.

§ 121. a) Die Rostpilze oder Uredineen gehören zu der unteren Stufe der Basidiomyceten, den Protobasidiomyceten, und sind durch quer geteilte Basidien ausgezeichnet, die immer aus Chlamydosporen hervorgehen und keine Fruchtkörper bilden; sie sind streng obligate Parasiten mit interzellularem Mycel, dessen Plasma orangerote oder -gelbe Oeltröpfchen führt. Den Namen verdanken sie der rotgelben, rostähnlichen Farbe, die ihre Sporenlager häufig aufweisen. Die Uredineen besitzen 5 verschiedene Sporenformen: Uredo-, Teleuto- und Aecidiosporen (die Chlamydosporen sind), Sporidien (Basidiosporen) und Spermatien (Konidien). Diese



Sporenformen kommen keineswegs sämtlich bei jeder Spezies vor; *niemals aber fehlen die Teleutosporen*, welche bei den meisten Arten die *Ueberwinterungsform* des Pilzes darstellen; Ernährungsstörungen der Wirtspflanze befördern resp. beschleunigen ihre Bildung. Die Teleutospore ist stets einzellig und sog. zwei- und mehrzellige sind als Reihen einzelliger T. aufzufassen. *Bei der Keimung* wächst aus jeder Teleutospore ein kurzer Mycelfaden, früher *Promycel* genannt, hervor, der durch Querwände in 4 Zellen zerfällt und dann eine *quergeteilte Basidie* vorstellt. Aus jeder der 4 Zellen der Basidie sproßt ein Faden (*Sterigma*) hervor, der an seiner Spitze eine *Basidiospore* (früher hier Sporidie genannt) trägt. Bei einigen Gattungen teilt sich die Teleutospore selbst durch Querwände in 4 Zellen und ist dann der Basidie homolog. Die Basidiosporen keimen in Wasser; ihre Keimschläuche dringen stets durch die Epidermiswandung ein. Nach ca. 2—3 Wochen erscheinen meist auf der Blattoberseite die *Pykniden* (*Spermogonien*), deren Konidien (Spermatien) reduzierte Organe ohne Bedeutung zu sein scheinen, und bald nach ihnen die stets in Fruchtkörpern, *Aecidien*, eingeschlossenen, vom Grunde des Fruchtkörpers reihenweise abgegliederten *Aecidiosporen*, ~~meist an~~ der Blattunterseite becherförmig aufbrechend. Die Aecidien besitzen gewöhnlich eine Hülle, *Pseudoperidie*, aus einer einfachen Schicht steriler Zellen; fehlt dieselbe, so heißt das Aecidium *Caeoma*. Bildet das Aecidium (große) Blasen, die sich mit einem Riß öffnen, so heißt es *Peridermium*; öffnet es sich gitter- oder pinselartig, *Röstelia*. Die gleichfalls in Wasser mit *einem* Keimschlauch keimenden Aecidiumsporen infizieren durch die Spaltöffnungen und bringen nach ca. 8—14 Tagen *Uredosporen* hervor, die meist gestielt sind und in Büscheln oder Streifen beisammen stehen. Die Uredosporen keimen ebenfalls sofort in Wasser, aber mit mehreren Keimschläuchen, infizieren ebenfalls durch die Spaltöffnungen und bringen in 8—10 Tagen neue Uredofruktifikation hervor, die das Spiel wiederholt usw., so daß wir in der Uredospore die hauptsächlichste *Verbreitungsform* der Rostpilze zu sehen haben und gewöhnlich eine ganze Reihe von Uredogenerationen in einer Vegetationsperiode aufeinander folgt, bis zuletzt in den Uredolagern oder auch in besonderen Lagern die gewöhnlich *derb- und dunkelwandigen*, zumeist erst im nächsten Frühjahr keimenden *Teleutosporen* als Abschluß des Entwicklungskreislaufes auftreten. Die Aecidiumfrüchte wurden früher, als man den genetischen Zusammenhang mit den Uredosporen usw. noch nicht kannte, unter den oben genannten Namen als selbständige Gattungen beschrieben.

Hinsichtlich des Verhaltens zum Wirt unterscheiden wir zwei Gruppen: solche, die ihren ganzen Entwicklungsgang auf der gleichen Wirtspezies durchlaufen: *autöcische* Rostpilze, und *solche*, bei denen Aecidien und Spermogonien auf der einen Wirtspezies, Uredo- und Teleutosporen auf einer andern, meist im System weit davon entfernten Nährpflanze vorkommen: *heteröcische* oder *wirtwechselnde* Rostpilze. Die *Heteröcie* ist in manchen Fällen *fakultativ*, da manche heteröcischen Formen auch im Uredozustand überwintern können, z. B. Melampsorella Cerastii, Melampsoridium betulinum und Carpini, Melampsora Larici-Tremulae (letztere auch *in* Winterknospen von Silberpappeln). Endlich kennen wir bei einzelnen Arten auch ein *überwinterndes* oder *perennierendes Mycel*; die mit letzterem versehenen Arten verursachen zum Teil starke Deformationen des Wirtes, doch können auch einjährige Arten einigermaßen deformierend auftreten. Nach der Zahl der auftretenden Sporenformen bezeichnet man mit der Vorsilbe *Eu-* vor dem Gattungsnamen, z. B.

Eupuccinia, eine Spezies, bei der Aecidien, Uredo- und Teleutosporen vorkommen, Hemi-(puccinia), wenn nur Uredo- und Teleutosporen vorkommen, Keimt die Teleutopsore erst nach Winterruhe, so haben wir eine Mikro-(puccinia) keimt sie sofort, eine Lepto-(puccinia) usw. Eine ganze Anzahl der nach Konstatierung des heteröcischen Zusammenhangs beschriebenen „Arten" ist nicht einheitlich; dieselben umfassen Formen, die morphologisch nicht oder nur sehr wenig voneinander verschieden sind, die sich aber in der Wahl ihrer Nährpflanzen scharf voneinander unterscheiden und die man biologische Spezies, bzw. Gewohnheitsrassen genannt hat. Für das Studium der hierdurch noch viel verwickelteren Verhältnisse der Heteröcie sind kritische Infektionsversuche ein unentbehrliches Hilfsmittel der Forschung, die bei den Gewohnheitsrassen dadurch noch weiter erschwert wird, daß direkt nicht unterscheidbare Teleutosporen verschiedener Arten nicht allzu selten auf dem gleichen Individuum und selbst auf dem gleichen Blatte vorkommen. Durch wiederholte Infektions- und Rückinfektionsversuche ist der genetische Zusammenhang vieler heteröcischer baumbewohnender Formen im letzten Jahrzehnt namentlich durch die Forschungen von Klebahn[1]), dann Fischer, v. Tubeuf, Rostrup, Dietel, Hartig, Wagner, Magnus usw. geklärt worden.

Die forstlich wichtigsten Rostkrankheiten sind diejenigen der Nadelhölzer: auf der Kiefer kommen vor und zwar auf den Nadeln mindestens 12 zur Gattung Coleosporium gehörige Nadelblasenroste, (früher als Peridermium Pini acicola bezeichnet), mehrere Rindenblasenroste, (früher als Peridermium Pini corticola bezeichnet), zu einer anderen Gattung, Cronartium gehörig, und der Kieferndreher, Caeoma pinitorquum, zur Gattung Melampsora gehörig; auf der Weißtanne schmarotzt vor allem, Krebs und Hexenbesen erzeugend, das zu Melampsorella gehörige Aecidium elatinum, auf den Nadeln sonst unveränderter Pflanzen die zu Calyptospora und Pucciniastrum gehörigen Aecidien und das zu Melampsora gehörige Caeoma abietis pectinatae; auf Fichtennadeln finden wir die Aecidien von Chrysomyxa Rhododendri und Ledi, die Teleutosporen von Chrysomyxa Abietis; auf Fichtenzapfen das zu Thecopsora (Pucciniastrum) Padi gehörige Aecidium strobilinum und das seltene Aecidium conorum; auf Juniperus verschiedene Gymnosporangiumarten; auf Lärchennadeln (Caeoma Laricis) mindestens 10 zur Gattung Melampsora gehörige Arten und 1 Melampsoridium (Aecidium Laricis); auf Weiden-, Birken- und Pappelblättern die orangefarbenen Uredo- und dunkeln Teleutosporenlager zahlreicher Melampsoraarten.

§ 122. Die Familie der Melampsoraceae[2]), mit 1—4zelligen, zu flachen oder polsterförmigen Lagern vereinigten, ungestielten Teleutosporen, die typische Promycelien (Basidien) und kleine (ca. 10 $\mu$), kugelige Basidiosporen bilden, enthält folgende Rostpilze der Holzgewächse:

Melámpsora, mit einzelligen Teleutosporen, die pallisadenartig dicht gedrängt einschichtige, pechschwarze Krusten unter der Epidermis bilden und mit frei vortretenden Basidien keimen. Die polsterförmigen

1) Klebahn, Kulturversuche mit heterözischen Uredineen 1.—14. Bericht. Zeitschr. für Pflanzenkrankh. 1892—1912. Hier ist auch die weitere Literatur ausführlich zitiert.

2) Systematik der Rostpilze im Allgemeinen nach der trefflichen Bearbeitung von Dietel in Nat. Pflanzenf. I. 1**.

Aecidien ohne Pseudoperidie werden Caeómalager genannt. Die einzeln auf Stielen stehenden Uredosporen, mit farbloser Membran und meist ohne deutlichen Keimporus, stehen, meist mit kopfig verdickten Paraphysen gemischt, in gelben Polstern meist auf der Blattunterseite. — Die Wirtwechselverhältnisse sind bei dieser Gattung die mannigfaltigsten und kompliziertesten. Die Nährpflanze, auf welcher die Uredo- und Teleutosporen erwachsen sind, hat einen gewissen Einfluß auf das Verhalten des Pilzes gegen die Caeomanährpflanze. Der Speziesnamen der biologischen Arten ist nach dem Teleutosporenwirt zu wählen und nach Klebahn vor denselben der Name des Caeomawirtes zu setzen (bzw. derjenige des wichtigsten derselben oder der Untergattung, zu welcher die Caeomawirte gehören).

Auf Pappelblättern sind z. Z. 7 Melampsoraarten bekannt, die wichtigste derselben ist:

1. Melámpsora pinitórqua Rostr., welche ihre Uredo- und Teleutosporen auf den Blättern der Zitter- und Silberpappel, sowie denen von P. canescens oft in außerordentlicher Menge bildet und die auf der Kiefer als Caeoma-

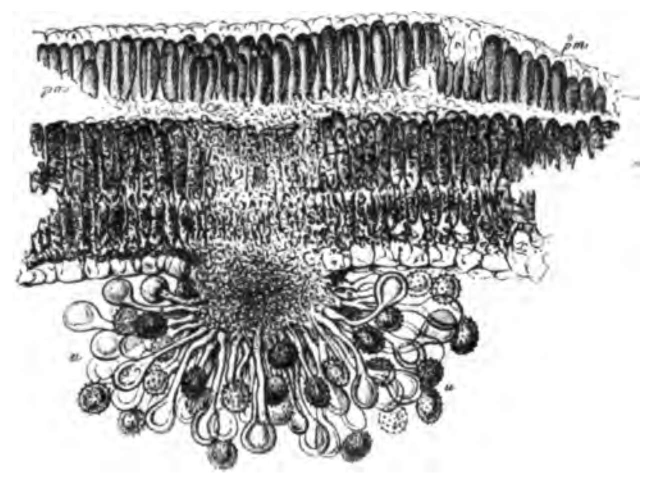


Abb. 91.
Melampsora Evonymi-Capraearum (M. Salicis Capreae). Querschnitt durch ein Saalweidenblatt: auf der Unterseite tritt ein entwickeltes Uredosporenlager, untermischt mit kopfigen Paraphysen, nach Zerreißung der Epidermis des Blattes frei zutage. Unter der Epidermis der Oberseite ist ein Teleutosporenlager (vgl. Abb. 93) noch völlig eingeschlossen. — Nach Tulasne aus v. Tubeuf, Pflanzenkrankheiten.

wirt den in ganz Deutschland verbreiteten Kieferndreher (Caeóma pinitórquum) hervorruft. Die 1—3 cm langen, mit Längsriß aufspringenden, gelben Caeomapolster erscheinen (außer an den Nadeln der Keimpflanzen) an der Rinde junger Triebe, die ihre Längsstreckung noch nicht beendet haben. 1—3jährige Pflanzen werden meist getötet, an dickeren Trieben stirbt die befallene Stelle einseitig ab, durch weitere Streckung der gesunden, gegenüberliegenden Seite und durch sein eigenes Gewicht krümmt sich der Trieb abwärts, um sich später, im ganzen eine ∽ förmige Figur bildend, wieder aufzurichten. Das Mycel kann jahrzehntelang perennieren und alljährlich neue Caeomapolster bilden, die bei trockenem Wetter vorzeitig verkümmern, bei nasser Mai- und Juniwitterung aber sich sehr zahlreich entwickeln und den jungen Trieb zum Absterben bringen. Jüngere Kulturen ver-

krüppeln so mitunter völlig; vom ca. 30. Jahre an verschwindet die Krankheit von selbst. 2. M. Lárici-Trémulae Kleb. mit U. und T. auf der Zitter- und Silberpappel und 3. M. Lárici-populína Kleb., mit U. und T. auf Populus nigra, canadensis und balsamifera, bilden ihr Caeoma als kleine, leuchtend orangegelbe Polster auf den Lärchennadeln. Der in ganz Deutschland häufige Lärchennadelrost zerstört oft einen großen Teil der Benadelung. 4. M. Mercuriáli-Trémulae (= M. Rostrúpii Wagner), mit U. und T. auf Populus tremula, alba, balsamifera (nigra, canadensis und italica) bildet sein Caeoma auf Mercurialis, 5. M. Chelidónii-Trémulae (= M. Magnusiána Wagner), mit U. und T. auf Populus tremula und alba, bildet Caeoma auf Chelidonium, 6. M. Corýdali-Trémulae (= M. Klebáhni Bubák), mit U. und T. auf Populus tremula, bildet das Caeoma auf Corydalis solida und cava. 7. M. Allii-populína Kleb., mit U. und T. auf Populus nigra, canadensis und balsamifera (nicht auf tremula, alba und canescens) bildet das Caeoma auf Allium ascalonicum und wahrscheinlich anderer Alliumarten.

Auf Weidenblättern kennt man bis jetzt mindestens 20 Melampsoraarten, die zum Teil, namentlich bei Kulturweiden, sehr schädlich werden können, weil die befallenen Blätter schwarzfleckig werden und vor der Zeit abfallen: 8. M. Lárici-Daphnoídes Kleb., mit U. u. T. auf Salix daphnoides und acutifolia (= pruinosa), — 9. M. Lárici-Epítea Kleb. mit U. u. T. auf Salix viminalis, aurita, cinerea, Caprea, dasyclados, fragilis, (daphnoides und acutifolia), ferner, gleichfalls vom Epitea-Typus vier von O. Schneider und E. Fischer untersuchte Formen aus der Umgebung von Bern und aus dem Jura: 10. M. Lárici-Nigricántis O. Schneider, mit U. und T. auf den nahe verwandten Arten: S. nigricans, glabra und Hegetschweileri, die stark, und noch neun anderen Weiden, die schwach infiziert werden. — 11. M. Lárici-Purpúreae O. Schneider, mit U. und T. auf Salix purpurea, die sehr stark, auf S. aurita und daphnoides, die bedeutend schwächer und auf S. nigricans, incana, grandifolia und cinerea, die ganz spärlich infiziert werden. — 12. M. Lárici-Reticulátae O. Schneider, mit U. und T. auf S. reticuláta und hastáta und (herbácea). — 13. M. Lárici-Retúsae E. Fischer, mit U. und T. auf S. retusa, serpyllifolia und reticulata. — 14. M. Lárici-Pentándrae Kleb., mit U. u. T. auf Salix pentandra (schwach auf S. fragilis) und 15. M. Lárici-Capraeárum, mit U. u. T. auf Salix Caprea bilden alle acht ihr Caeoma ebenfalls auf Lärchennadeln. — 16. M. Allii-Sálicis álbae Kleb. mit U. u. T. auf Salix alba, 17. M. Allii-Frágilis Kleb. mit U. u. T. auf Salix fragilis, pentandra und dem Bastard beider bilden beide ihr Caeoma auf Alliumarten — 18. M. Galánthi-Frágilis Kleb., mit U. u. T. auf den gleichen Salixarten wie letztere, Caeoma auf Galanthus nivalis. — 19. M. Ribésii-Viminális Kleb. mit U. u. T. auf S. viminalis, 20. M. Ribésii-Auritae Kleb. auf S. aurita und 21. M. Ribésii-Purpúreae Kleb. auf S. purpurea bilden ihr Caeoma auf Ribesarten. — 22. Ribésii-Grandifóliae O. Schneider mit U. u. T. auf S. grandifolia (und aurita); Caeoma auf Ribes alpinum (aureum und san guineum), aber nicht auf den Ribesarten der vorigen. — 23. M. Evónymi-Capraeárum Kleb. mit V. u. T. auf Salix Caprea, cinerea und aurita und 24. M. Evónymi-Incánae mit V. u. T. auf S. incana bilden das Caeoma auf



Abb. 92. Caeóma abíetis pectinátae auf der Unterseite der Tannennadel. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

Evonymus. — 25. M. Orchidi-Repéntis Kleb. auf Salix repens und aurita bilden das Caeoma auf Orchisarten. — 26. M. Abíeti-Capraeárum Tub., auf Salix Caprea bildet das Caeóma Abíetis pectinátae Rees

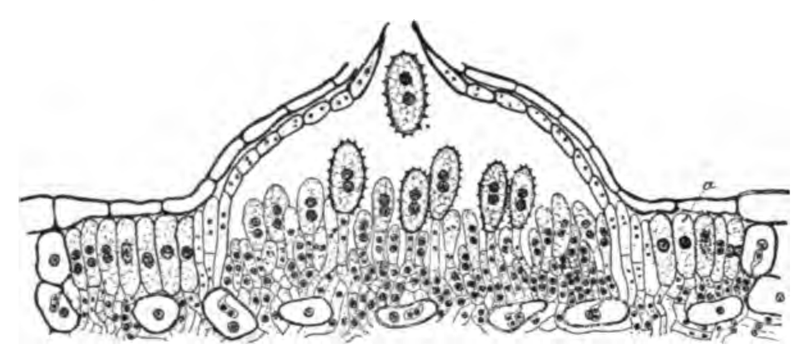



Abb. 93.
Melampsorídium betulínum. Blattquerschnitt durch ein Birkenblatt: Rechts und links unter der Epidermis des Blattes dunkelwandige, gestreckte Teleutosporen; in der Mitte ein von einer Pseudoperidie umgebenes Uredosporen-Lager, welches die Epidermis und die Pseudoperidie am Scheitel gesprengt hat. Vergr. 170. Nach Sappin Truffy.

auf jungen Nadeln der Weißtanne, wo mehrere hellgelbe Längspolster auf beiden Seiten des Mittelnervs hervorbrechen. — Die autöcische 27. M. Amygdálinae Kleb. dagegen bildet als Eumelampsora sämtliche Sporenformen auf Salix amygdalina und ist bis dato die einzige bekannte Caeomaform auf einer Weide.




Abb. 94.
Weißtannenzweig mit zweijährigem Hexenbesen (a). Das im Zweig fortwachsende Mycel des Pilzes hat ein Jahr später bei b. eine Knospe zum Austreiben veranlaßt (einjähriger Hexenbesen). Der vom Mycel bewohnte Teil des Zweigs zeigt starke Anschwellung (Beginn der Krebsgeschwulst). — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

Biologisch interessant ist besonders M. Allii-Sálicis álbae, das nach Klebahn nicht nur mit Teleutosporen überwintert, welche im Frühjahr Caeoma auf Alliumblätter erzeugen, sondern auch mit lokalen Infektionsstellen der Salix-Zweige, an denen im Frühjahr, schon vor dem Auftreten der Caeoma auf Allium, Uredolager aus der Rinde hervorbrechen. — Auch M. Lárici-Capraeárum kann nach Liro in toten oder lebenden Teilen von S. Caprea überwintern. — Biologisch interessant ist ferner, daß, nach E. Fischer, wohl eine Anpassung an das Alpenklima mit seiner kurzen Vegetationszeit, auf S. reticulata die Teleutosporenbildung sehr frühe erfolgt, schon 24 Tage nach der Infektion mit den

Caeomasporen, während Formen der Ebene und des Jura, M. Evonymi-Incanae und Ribesii-Grandifoliae, mindestens 51 Tage in reiner Uredobildung verharrten.

1. Melampsorídium betulínum Kleb. (syn. Melampsora betulina [Pers.] Tul.) ist von Melampsora, mit der sie nur in den Teleutosporenlagern übereinstimmt, durch das Fehlen der kopfigen Paraphysen und den Besitz einer Pseudoperidie um die Uredolager und die Aecidien (hierin der Gattung Cronartium sich nähernd) verschieden. Die kleinen Uredo- und die anfangs orangeroten, später braunen Teleutosporenlager stehen auf den Blättern von Betula alba, die hell rötlich-orangefarbenen Aecidien auf den Nadeln der Lärche. Eine gewisse Spezialisierung hat sich auch hier herausgestellt, indem die von B. verrucosa stammenden Aecidiosporen B. pubescens weniger leicht infizieren und umgekehrt.

2. Melampsorídium Carpíni (Nees) Dietel, mit Uredo- und spärlichen Teleutosporen auf Weißbuchenblättern, bis jetzt nur aus Süddeutschland und der Schweiz bekannt, Aecidien noch unbekannt. Der Pilz ist dadurch merkwürdig, daß ein Teil der Uredosporen, ohne die Keimfähigkeit einzubüßen, auf den abgefallenen Blättern überwintert und dann von neuem Weißbuchenblätter zu infizieren vermag. Der Pilz kann sich somit ohne Teleutosporen und ohne Wirtwechsel von Jahr zu Jahr erhalten.



Abb. 95. Weißtannenstamm mit drei stattlichen Krebsen von Aecidium elatinum. — L. Klein phot.

Melampsorélla Cerástii (Pers.). Schröt. (= M. Caryophyllaceárum DC.), ist von Melampsora durch die in den Epidermiszellen gebildeten Teleutosporen verschieden, die hier ausgedehnte, bleiche Lager bilden, und besitzt, ebenso wie Melampsoridium, halbkugelige Pseudoperidien mit punktförmiger Scheitelöffnung um die pustelförmigen, orangegelben Uredosporenhäufchen, welche oft die ganze Pflanze bedecken. Die Alsineen, insbes. Stellaria media, nemorum, Holostea, Cerastium triviale (und Möhringia trinervia) stellen — wie zuerst E. Fischer nachgewiesen und dann Klebahn und v. Tubeuf bestätigt haben — den lange gesuchten Zwischenwirt des Aecídium elatínum Alb. et Schw., des Erregers des Tannenkrebses und -Hexenbesens dar, zugleich den ersten bekannten Fall des heteröcischen Zusammenlebens zweier perennierender Pilze, da M. Cerastii sich in vielen Gegenden Norddeutschlands, denen die Tanne und somit das Aecidium elatinum fehlt, durch Mycel und Uredo erhält und verbreitet. Eine gewisse Spezialisierung scheint auch hier vorhanden zu sein, wenigstens hat bei Infektionsversuchen Fischers und Klebahns das Aecidiumsporenmaterial eines und desselben Hexenbesens wohl Stellaria media und andere Alsineen, aber nicht die ebenso von Melampsorella bewohnten Arten Cerastium arvense und Möhringia trinervia infiziert. Die Infektion der Weißtanne (und anderer Tannenarten) erfolgt an jungen Maitrieben:

an den infizierten Stellen wird das Kambium zu gesteigerter Tätigkeit angeregt und es entsteht durch lokalisierte, stärkere Holz- und Rindenentwicklung eine Zweiganschwellung, die junge Krebsbeule, in welcher das Mycel perenniert und den Krebs alljährlich vergrößert. Ueberall da, wo an einer Zweiganschwellung eine Knospe angelegt wird, entwickelt sich dieselbe im nächsten Jahre zu einem Trieb mit den für die Hexenbesenzweige charakteristischen Eigentümlichkeiten: allseits abstehende, sommergrüne, dickliche, hellgrüne Nadeln, auf deren Unterseite je nach Standort und Witterung im Juni, Juli oder August die gelben Aecidiumbecher in zwei Reihen hervorbrechen. Die Hexenbesen entwickeln sich zu reichverzweigten Büschen mit aufgerichteten, dicken Zweigen. Sie können bedeutende Größe und ein Alter von über 20 Jahre erreichen. Selten entsteht der Hexen-

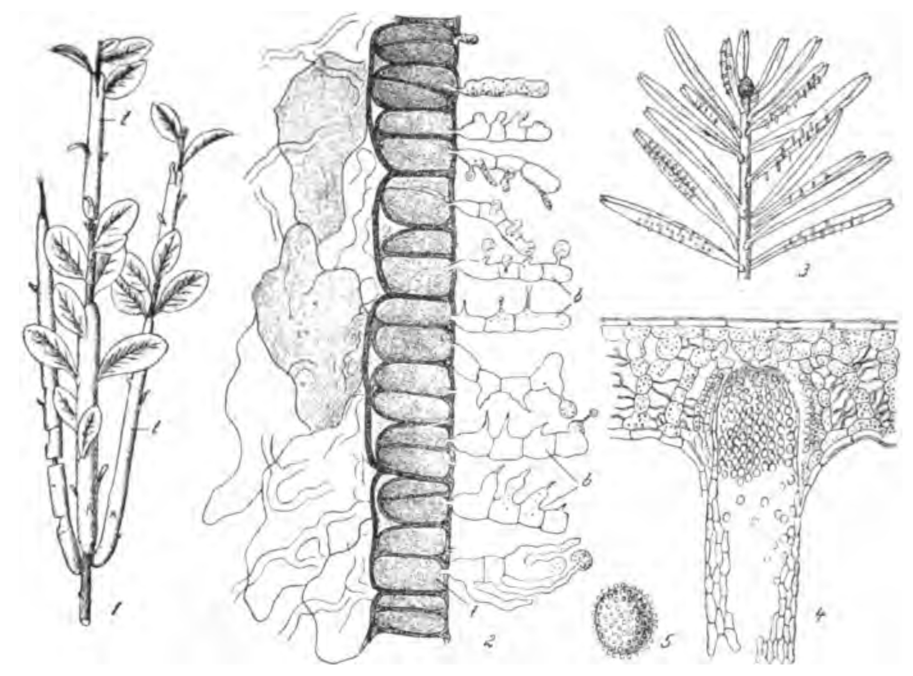


Abb. 96.
Calyptospora Göppertiana. Fig. 1. Hexenbesensproß der Preiselbeere mit Teleutosporenlager enthaltenden, weißrosa Anschwellungen t. — Fig. 2. Querschnitt durch Fig. 1, die Teleutosporen t in den Epidermiszellen zeigend, diese mit den Basidien b durchbrechend. Vergr. 420. — Fig. 3. Weißtannenzweig mit Aecidien. — Fig. 4. Aecidium im Längsschnitt, schwach vergr. — Fig. 5. Aecidiospore, Vergr. 420. — Nach Hartig, aus v. Wettstein, Syst. Botanik.

besen am Gipfeltrieb, nicht selten dagegen an einem der jungen Quirltriebe und wächst dann allmählich bei zunehmender Verdickung des Stammes in denselben ein und das Mycel verbreitet sich dann auch im Stamm und erzeugt hier oft Krebsgeschwülste von ganz gewaltiger Größe, die nach dem Absterben der Rinde Risse bekommen und so das Eindringen von Holzparasiten (namentlich Polyporus Hartigii, Agaricus adiposus) ermöglichen, wodurch der Stamm an der Krebsstelle weißfaul wird und infolgedessen als Nutzholz entwertet und auch vom Sturme leicht gebrochen wird. — Aecidium elatinum ist der gefährlichste Feind der Weißtanne, der nur durch konsequentes Abschneiden der Hexenbesen, namentlich an allen jungen Bäumen, erfolgreich zu bekämpfen ist.

Pucciniástrum Epilóbii Otth. (= P. pustulátum Pers.) Diet. (= P. Abíeti-Chamaenérii Kleb.) besitzt Uredolager wie Melampsorella, aber die Teleutosporenlager bilden schwarzbraune, große Krusten unter der Epidermis der Blattunterseite von Epilobium angustifolium (und E. Dodonaéi). Die Teleutosporen werden meist durch 2 sich kreuzende, senkrecht zur Blattfläche

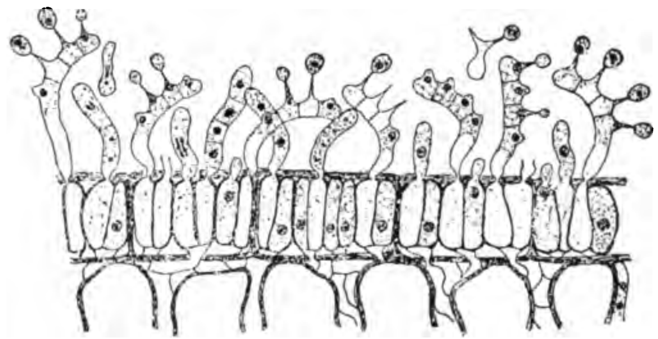


Abb. 97.
Querschnitt durch ein keimendes Teleutosporenlager von Thecópsora Pádi. Die Keimschläuche (Basidien) durchbrechen die Epidermiszellen der Wirtspflanze und bilden je vier Basidiosporen. Vergr. 500. — Nach Sappin Truffy.

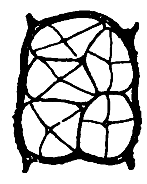


Abb. 98.
Epidermiszelle von oben gesehen, fünf vierzellige Teleutosporen von Thecopsora Padi enthaltend. Vergr. 500. — Nach Sappin Truffy.

stehende Zellwände vierzellig. (Vergl. auch Abb. 98.) Die Aecidien, durchweg denen von Aecidium columnare gleichend, bewohnen die Weißtannennadeln.

Calyptóspora Göppertiána Kühn, bildet seine Teleutosporen ähnlich wie Pucciniastrum, aber in den Epidermiszellen der Rinde von kleinen Hexenbesen der Preißelbeere. Die schwammig verdickte Rinde der federkieldicken, über die gesunden weit emporragenden Triebe ist anfänglich weiß oder rosa und wird später schwarzbraun. Der Pilz perenniert in der Preißelbeere und ist überall im Weißtannengebiet häufig, findet sich aber auch in Gegenden, denen die Tanne fehlt. Die Aecidien (Aecídium columnáre) zeichnen sich durch die sehr lange, weiße Peridie aus und stehen in 2 Reihen auf der Nadelunterseite der Weißtanne, namentlich in Jungwüchsen. Die orangefarbenen Aecidiosporen sind durch sehr lange, dünne Zwischenzellen voneinander getrennt. — Aecídium pseudocolumnáre Kühn, ebenfalls auf Tannennadeln, ist von vorigem durch weiße, größere Aecidiosporen unterschieden; den zugehörigen Zwischenwirt kennt man noch nicht.

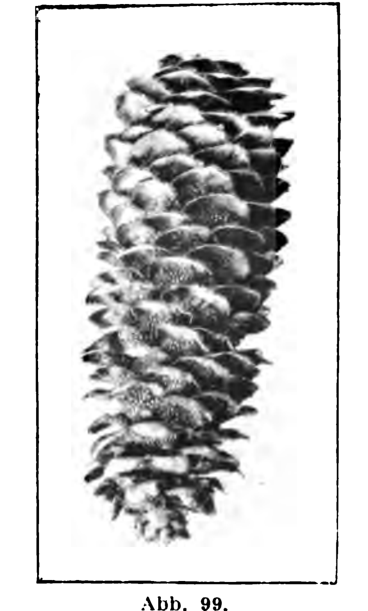


Abb. 99.
Fichtenzapfen mit „Aecidium strobilinum". — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

Thecópsora Pádi Kunze et Schm. (Syn. Pucciniástrum Padi) bildet winzige Uredopusteln vom Melampsorellatypus auf der Blattunterseite von Prunus Padus; die Teleutosporenlager bilden wie bei Calyptospora braunrote, später schwarzbraune Krusten in den Epidermiszellen der Blattoberseite. Das Aecidium (Ae. strobilínum Alb. et. Schwein.) verursacht eine verbreitete Zapfen-

krankheit der Fichte, deren Samenanlagen dadurch zerstört werden. Vorzugsweise auf der Innenseite der Zapfenschuppen, die sperrend abstehen, auch bei feuchter Witterung, stehen dicht gedrängt die halbkugeligen, dunkelbraunen Aecidien, deren verholzende, dicke Pseudoperidie sich mit einem Querriß deckelartig öffnet, normalerweise erst, wenn die Zapfen den Winter über am Boden gelegen haben.

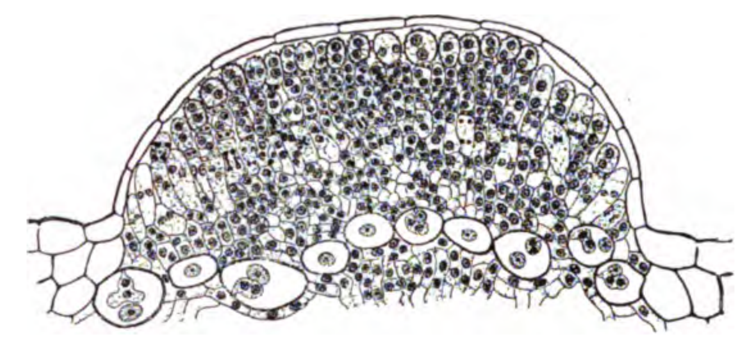


Abb. 100.
Noch von der stark aufgetriebenen Epidermis der Nährpflanze umschlossenes Uredolager: in Ketten abgeschnürte Uredosporen von Coleosporium Senecionis unter der Epidermis der Nährpflanze. Vergr. 150. — Nach Sappin-Truffy.

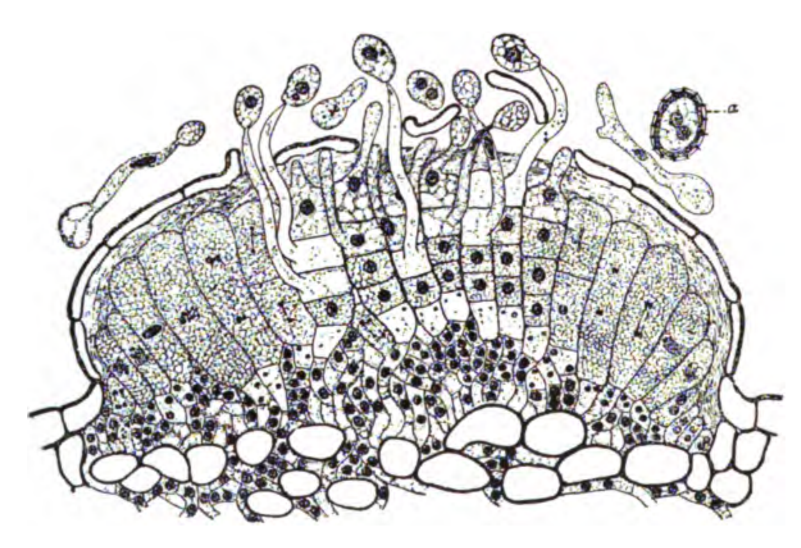



Abb. 101.
Teleutosporenlager von Coleosporium Sonchi, die Epidermis der Nährpflanze stark auftreibend. Rechts und links gestreckte, noch ungeteilte Sporen, in der Mitte Sporen, die durch Querwände vierzellig und dadurch zur quergeteilten Basidie geworden sind. Jede dieser vier Zellen treibt nun ein langes, die Epidermis der Nährpflanze durchbrechendes Sterigma das mit einer Basidiospore endigt. — Nach Sappin-Truffy.

Nur unvollkommen bekannt ist das nicht autöcische, seltene Peridérmium conórum Piceae Thüm. (auch Aecidium c. P. genannt), das auf der Außenseite der Fichten-Zapfenschuppen zwei unregelmäßige, 4—6 mm große, flache Aecidien bildet. Die noch unbekannten Uredo- und Teleutosporen gehören wahrscheinlich zu einer Melampsoracee.

§ 123. Die Familie der Coleosporiaceae besitzt 1 (bis 2)schichtige, wachsartige, von der Epidermis bedeckte Teleutosporenlager, deren ungestielte Teleutosporen sich bald in 4 übereinander stehende Zellen teilen und aus jeder ein einfaches Sterigma mit großer (ca. 20 μ) Basidiospore treiben (Abb. 101).

Die Gattung Coleospórium, welche den systematischen Anschluß an die Melampsoraceen (speziell an Melampsora) vermittelt, besitzt blasenförmige Aecidien, deren Pseudoperidie sich mit einem unregelmäßigen Risse öffnet (Peridermium); die Uredosporen werden in kurzen Ketten (ähnlich wie die Aecidiumsporen) gebildet. Die Teleutosporenlager sind dunkelrot. Hierher gehören die Nadelblasenroste der Kiefern, das alte Peridérmium Pini acícola, das heute in eine ganze Reihe von biologischen Arten aufgelöst ist. Das aus den keimenden Basidiosporen hervorgegangene Mycel bildet noch im gleichen oder erst im folgenden Frühjahr Pykniden, wahrscheinlich je nachdem die Infektion der Nadeln frühzeitig erfolgt oder nicht. Die Aecidien (Peridermien), die weder makroskopisch, noch mikroskopisch

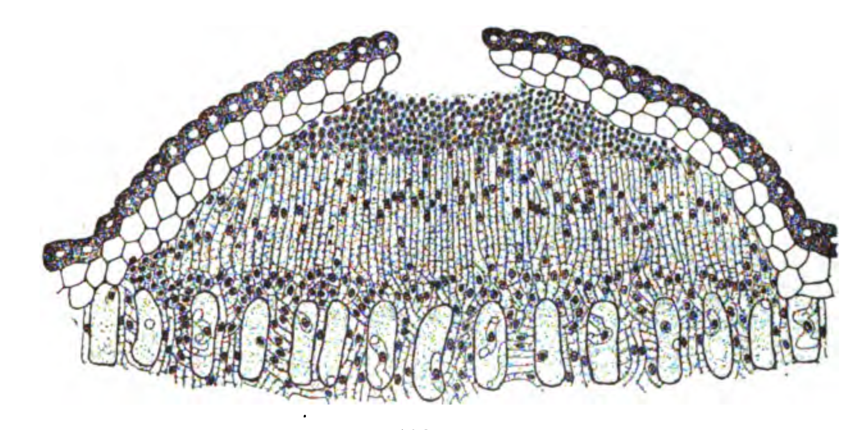


Abb. 102.
Flache Pyknide (Spermogonium) von Peridermium Pini, die Epidermis eines jungen Kiefernzweiges sprengend. Vergr. 250. — Nach Sappin-Truffy (in Le Botaniste V).

bei den einzelnen Arten zu unterscheiden sind, erscheinen bei allen im Frühjahr auf den Nadeln der gemeinen und der Bergkiefer, in denen das Mycel bis zum normalen Abwurf der Nadeln perenniert. Derzeit kennt man bei uns 1. Coleospórium Seneciónis (Pers.) Lev. auf Senecio silvaticus und vulgaris, dazu gehörig Peridérmium oblongispórium Kleb., 2. C. subalpínum Wagner auf Senecio alpinus, dazu P. Kriegérii Wag. besonders auf Pinus montana, 3. C. Tussiláginis (Pers.) Lév. auf Tussilago Farfara, dazu P. Plowríghtii Kleb., 4. C. Petasítis de Bary auf Petasites officinalis, dazu P. Boudiéri E. Fisch., 5. C. Cacáliae D. C. auf Adenostyles albifrons, dazu P. Magnusiánum E. Fisch., 6. C. Inulae (Kze.) E. Fisch. auf Inula Vaillantii und Helenium, dazu P. Klebáhnii E. Fisch., 7. C. Sónchi arvénsis (Pers.) Wint. auf Sonchus arvensis, asper und oleraceus, dazu P. Físcheri Kleb., 8. C. Euphrásiae (Schum) Wint. auf Alectorolophus major und minor und Euphrasia officinalis, dazu P. Stáhlii Kleb., 9. C. Melámpyri (Rebt.) Kleb. auf Melampyrum pratense, dazu P. Sorauéri Kleb., 10. C. Campánulae (Pers.) Lév. auf Campanulaarten umfaßt jedenfalls mehrere Formen,

deren gegenseitiges Verhalten noch der näheren Prüfung bedarf, so a) C. Campánulae Trachélii Kleb., dazu P. Rostrúpii E. Fisch., b) C. Phyteúmatis Wagner auf Phyteuma spicátum, dazu P. Kosmáhlii Wag., c) C. Campánulae rapunculoídes Kleb., d) C. Campánulae rotundifoliae Kleb. und e) C. Campanulae macránthae Wagner und jedenfalls noch andere. — 11. C. Pulsatíllae (Strauß) Lév. auf Pulsatilla, dazu P. Jaápii Kleb. — für einige weitere Coleosporiumarten auf Compositen, für C. Clematidis, C. Cerinthes ist die Zugehörigkeit zu den Nadelblasenrosten der Kiefern noch experimentell zu erweisen.

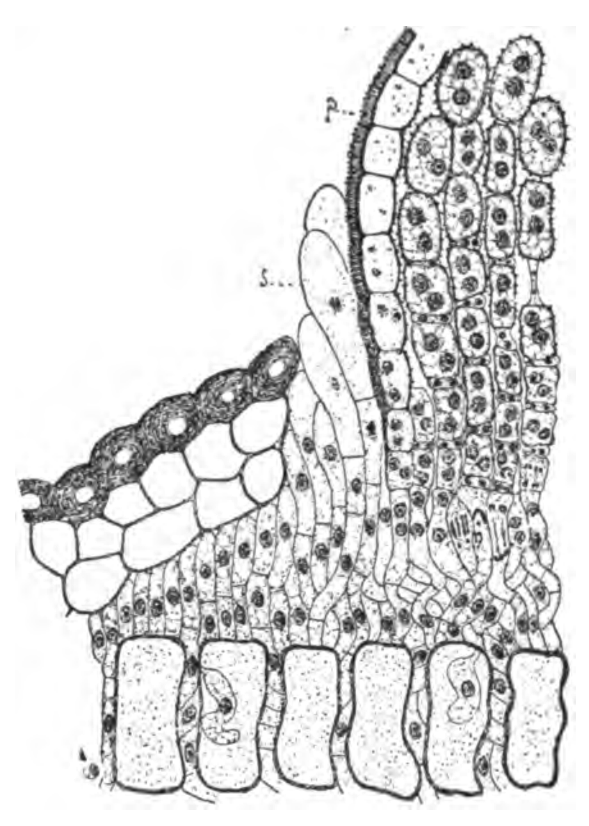



Abb. 103.
Zweigquerschnitt der Kiefer mit einem Teil des aus der gesprengten Epidermis (dunkelwandige Zellen) hervortretenden Aecidiums von Peridermium Pini mit den reihenweise abgeschnürten, von einer außen dickwandigen Pseudoperdie (p) umgebenen Aecidiosporen; s. Sterile Pilzfäden am Grunde des Aecidiums. Vergr. 500. Nach Sappin-Truffy.

Ochrópsora Sórbi Diet. erzeugt auf den Blättern der verschiedenen Sorbusarten und auf denen von Pirus communis winzige, zu unregelmäßigen Gruppen vereinigte Uredolager mit einzeln auf Stielen stehenden, bräunlichen, feinstacheligen Uredosporen und unregelmäßige, bleichgelbe Krusten auf der Blattunterseite bildende Teleutosporenlager. Die blassen Teleutosporen sind einzellig, teilen sich, ehe die Blätter völlig absterben, durch Querwände in 4 Zellen, deren jede auf einem Sterigma eine spindelförmige Basidiospore abschnürt. Das zugehörige „Aecidium leucospérmum“ schmarotzt auf den Blättern von Anemone nemorosa, deren Rhizome durch die Basidiosporen der Ochropsora infiziert werden.

§ 124. Zur Familie der Cronartiaceae mit reihenweise abgeschnürten, ungestielten Teleutosporen, die gleich nach der Reife mit typischem Promycel und kleinen, kugeligen Basidiosporen keimen, gehört bei uns Cronartium, dessen einzellige Teleutosporen in Längs- und Querrichtung zu langen, säulenförmigen, braunen Körpern oder Ranken vereinigt sind, die frei über die Blattfläche hervortreten, und deren Uredosporen auf kurzen Stielchen in eine Pseudoperidie eingeschlossen sind (wie bei Melampsorella). Hierher gehören die Rindenblasenroste der Kiefern (das alte Peridérmium Píni cortícola), deren Mycel in Holz und Rinde der Kiefern perenniert und alljährlich im Frühjahr

dichtgedrängte, unregelmäßig aufreißende, mit rotem Sporenpulver gefüllte, große, blasenförmige Aecidien (Peridermien) bildet, denen die Bildung von großen, flachen Pykniden (Spermogonien) vorhergeht. Jüngere Pflanzen werden rasch getötet, an älteren hört an den vom Mycel ergriffenen Stellen der Zuwachs auf, das Holz verkient, während die Umgebung gesteigerten Zuwachs zeigt, so daß an älteren Aesten und Stämmen, an denen sich die Krankheit alljährlich, namentlich in der Längsrichtung ausbreitet, auffällige Rinnen und oft gedrehte Längswulste von ganz unregelmäßiger und abnormer Querschnittsfigur entstehen, bis endlich nach oft jahrzehntelangem Kampf die über der erkrankten Stelle gelegenen Stamm- oder Astteile infolge ungenügender Wasserzufuhr vertrocknen. Diese Zopftrocknis, Kienzopf, Krebs, Räude oder Brand genannte Krankheit, die an älteren Bäumen selten ältere als 25jährige Stammteile oder Aeste infiziert, verursacht in reinen Kieferwaldungen oft sehr bedeutenden Schaden. Für die weitaus häufigste Form, das Peridermium Pini (Willd.) Kleb., ist trotz zahlreicher Infektionsversuche der Uredo- und

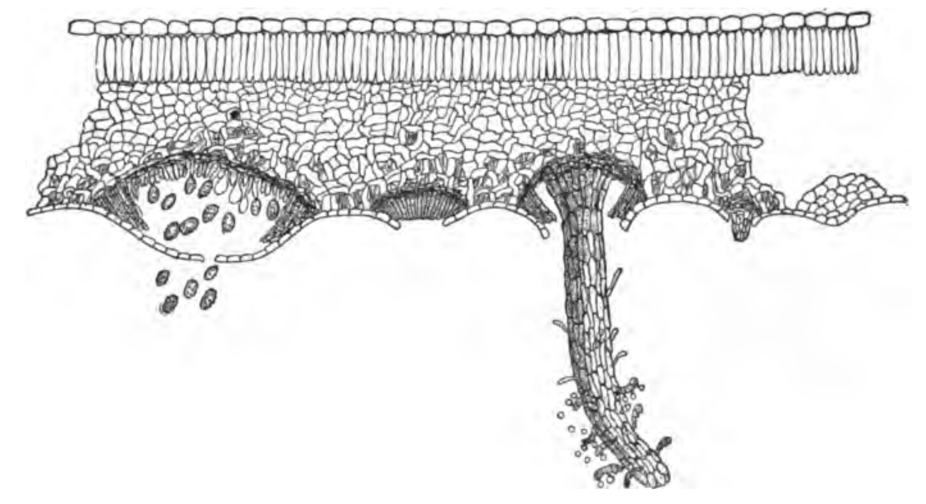


Abb. 104.
Cronartium asclepiadeum. Querschnitt durch ein Blatt von Cynanchum Vincetoxicum. Auf der Blattseite links ein Uredosporenlager, rechts ein Teleutosporenlager, dessen Sporen bereits gekeimt (Basidien gebildet) haben. Im Schwammparenchym ist Mycel zu sehen. Vergr. ca. 100. — Nach v. Tubeuf.

Teleutosporenzwischenwirt immer noch nicht gefunden; ebensowenig ist der Pilz autöcisch. Geglückt sind Infektionen mit dem kaum davon unterscheidbaren, anscheinend nicht sehr häufig auftretenden P. Córnui Rostr. und Kleb., das als Cronártium asclepiádeum (Willd.) auf braunen Flecken der Blätter von Cynanchum Vincetoxicum seine gelben Uredo- und später seine braunen Teleutosporen bildet; hiermit identisch sind das frühere C. fláccidum Alb. et Schw. auf Paeonia officinalis und tenuifolia und C. Nemésiae Vesterg. auf der aus Südafrika stammenden (!) Nemesia versicolor; ferner haben sich bei Infektionsversuchen Klebahns Verbena teucrioides (aus Chile), erinoides (aus Peru), Grammatocarpus volubilis (eine Loasacee aus Chile), und Impatiens Balsamina als geeignete Wirtspflanzen des merkwürdig pleophagen Pilzes erwiesen. Neuerdings glaubte zwar Liro (Soc. pro fauna et flora fennica) in Finnland gefunden zu haben, daß das auf Pedicularis

palustris schmarotzende Cronartium Pedicularis Lindroth hierher gehöre. Infektionsversuche, die Laubert in Dahlem mit Sporen von P. Pini an Pedicularis silvatica und Sceptrum anstellte, fielen negativ aus und unserem erfolgreichsten Uredineenzüchter Klebahn gelang es (nach brieflicher Mitteilung) mit 6 Proben von Peridermium Cornui aus Thüringen gleichzeitig Vincetoxicum, Pedicularis palustris und Tropaeolum minus zu infizieren, während Ped. palustrispflanzen, mit Aecidiumsporen von Peridermium Pini infiziert, ebenfalls gesund blieben. Es sind somit auch Cronartium Pedicularis und C. Tropaeoli mit Cronartium asclepiadeum zu identifizieren und Cronartium Pedicularis hat sicher keine Beziehungen zu dem in Deutschland sonst verbreiteten Peridermium Pini. — 2. Cr. ribícolum Diet. auf den verschiedenen Ribesarten steht in heteröcischem Zusammenhang mit Peridermium Strobi, dem gefährlichen Rindenblasenrost der Weymouthskiefer und dem von Schellenberg nur sehr vereinzelt in der Innschlucht bei St. Moritz gefundenen Rindenblasenrost der Arve, mit den Aecidien auf Ribes alpinum und R. petraeum (Natw. Z. f. Forst- u. L. 1904, S. 233). — Von 3. Cr. gentiáneum Thüm. auf Gentiana asclepiadea sind die Aecidien unbekannt.



Abb. 105.
Links Aecidium von Coleosporium Senecionis, der Nadelblasenrost der Kiefer (das alte Peridermium Pini acicola); rechts Aecidien von Cronartium asclepiadeum, der Rindenblasenrost der Kiefer (das alte Peridermium Pini corticola). — Aus v. Wettstein, Syst. Bot.

Chrysomýxa hat polsterförmige, sammetartige, rote Teleutosporenlager; die nicht immer vorhandenen Uredosporen stehen ebenfalls in Reihen (wie bei Coleosporium). — 1. Chr. Rododéndri (D.C.) de Bary, der Alpenrosenrost, entwickelt seine schon im Herbste angelegten Teleutosporen im Frühjahr gleich nach der Schneeschmelze auf vorjährigen Blättern der Alpenrosen. Die Basidiosporen infizieren die jungen Fichtennadeln, auf welchen zuerst kleine, gelbe Pykniden und gewöhnlich im August auf gelben Flecken die Aecidien (mit langer, weißer, an der Spitze aufreißender Peridie) meist massenhaft hervorbrechen. Die erkrankten Nadeln fallen bald ab. In den Alpenländern tritt die Krankheit oft sehr heftig auf. — Im nördlichen Deutschland ruft 2. das zirkumpolare Chr. Lédi (Alb. et Schw.) de Bary, auf Ledum palustre, die gleiche Erkrankung der Fichtennadeln hervor. — 3. Chr. Abíetis (Wallr.) Unger, der ebenfalls die Fichtennadeln befällt und in ganz Deutschland verbreitet ist, ist autöcisch; er bildet nur Teleutosporen in orangerotgelben Längspolstern, die im Mai reifen und alsbald die jungen Nadeln infizieren. Schon Ende Juni zeigen die jungen Nadeln streifenweise Gelbfärbung; die im Herbst schon angelegten Teleutosporenlager überwintern. Nach dem Verstäuben der Sporen fallen die Nadeln ab, doch ist der Nadelverlust selten so groß, wie bei Chr. Rhododendri.

§ 125. Die Familie der Pucciniaceae, mit gestielten, mit typischem Promycel keimenden Teleutosporen, enthält eine große Anzahl fast ausschließlich auf krautigen Pflanzen, teils autöcisch, teils heteröcisch lebender Arten.

Die Gattung Puccínia hat 2 übereinander stehende (sog. 2zellige),

dunkle Teleutosporen. 1. P. gráminis Pers., der Getreiderost, bildet seine Aecidien auf verdickten Blattstellen von Berberis, 2. P. coronáta Corda und 3. P. coronífera Kleb., beide Haferrost erzeugend, bilden ihre Aecidien auf Rhamnus, erstere auf den Blättern von Rh. Frangula, letztere auf oft deformierten Blättern und jungen Trieben von Rh. cathartica. — Autöcisch ist 4. P. Búxi, auf dem Buchsbaum, die nur Teleutosporen besitzt, welche im Frühjahr reifen und sofort keimen und infizieren. — Unvollständig bekannt ist 5. Puccinia Prúni spinósae Pers., das auf den Blättern verschiedener Prunusarten nur hellgelbbraune Uredo- und dunkelbraune Teleutosporen bildet.

Gymnosporángium bildet (auf Nadeln und) hypertrophierten Zweigstellen der Juniperusarten, in denen das Mycel perenniert, nur sog. 2zellige Teleutosporen mit hell- oder dunkelbrauner Membran. Die langgestielten Teleutosporen — Uredo fehlt — brechen bündelweise als kleine Zäpfchen im Frühjahr in großer Zahl hervor und bilden, indem die Gallertstiele der Sporen bei Regenwetter stark aufquellen, keulen- oder zungenartige, große Gallertpolster. Nach der Keimung der Teleutosporen und der Bildung der Basidiosporen verquellen und zerfließen die Zungen. Die Pykniden und die mit stark entwickelter, sehr derbwandiger, gitter- oder pinselartig sich öffnender Pseudoperidie (Röstélia) versehenen Aecidien reifen auf den Blättern der Pomaceen im Sommer bzw. Herbst, auf denen sie oft beträchtliche Verdickungen hervorrufen. In Europa sind 7 Arten heimisch:

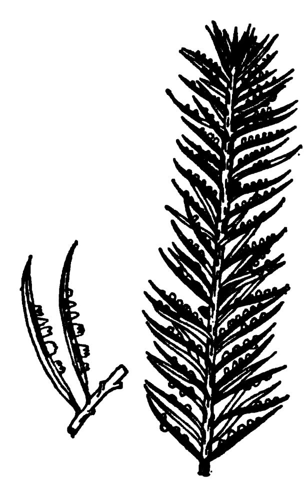
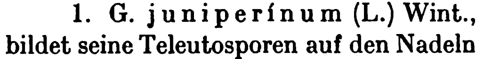


Abb. 106. Fichtenzweig mit Aecidien von Chrysomyxa Rhododendri besetzt. Die gelb verfärbten Nadelteile sind schwarz gezeichnet, die normal grünen Teile weiß gelassen. — Nach v. Tubeuf.



Abb. 107. Fichtennadel mit Chrysomyxa Abietis, deren orangerote Sporenpolster noch nicht aufgeplatzt sind. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.



1. G. juniperínum (L.) Wint., bildet seine Teleutosporen auf den Nadeln und an den allseitig spindelförmig anschwellenden Zweigen von Juniperus communis nur in kleinen Polstern, mit kräftigen, oft fingerförmig verlängerten Papillen über jedem Keimporus der dickwandigen, 31—52 $\mu$ langen, 21—30 $\mu$ breiten Sporen. Aecidium mit langzylindrischer, oft etwas gekrümmter Pseudoperidie (Röstélia cornúta [Gmel.] Fr.) auf lebhaft gelben Flecken von Sorbus Aucuparia und hybrida. „Roestelia cornuta“ - Aecidien kommen auch auf Amelanchier vulgaris (syn. ovalis und rotundifolia) vor, die nach E. Fischers Untersuchungen (Zeitschr. f. Bot. 1910 S. 753 ff.) zu 2. Gymnosporangium Amelánchieris E. Fischer, ferner auf Sorbus torminalis, die zu 3. Gymnosporangium Tormináli-Juniperínum E. Fischer gehören. — 4. G. tremelloídes A.Br. (bisher meist mit juniperinum verwechselt) bildet an einseitigen Zweiganschwellungen von Juniperus communis bis mehrere cm große, anfangs derbe und braune Sporenpolster, die später zu großen Klumpen und Lappen von gelbbrauner Farbe verquellen. Die Membran der 40

bis 66 μ langen und 22—31 μ breiten Sporen ist nirgends besonders verdickt. Aecidien mit am Rande pinselartig zerfaserter Pseudoperidie (Röstelia penicillata [Müll.] Fr.) auf Sorbus Aria, Chamaemespilus, Hostii und zuweilen massenhaft auf Apfelbäumen. Nach Jaczewski (Ref. i. Zent. f. Bakt. II. Bd. 19, 1907 S. 578) perenniert G. tremelloides als Mycel in der Rinde von Apfelbaumzweigen und bringt da und dort die Bäume zum Absterben. — 5. G. clavariaefórme (Jacq.) Rees, bildet ebenfalls an einseitigen Zweiganschwellungen von J. communis gelbe, zäpfchenförmige Teleutosporenlager, die zu lang zungenförmigen Bändern verquellen. Teleutosporen 70 bis 120 μ lang, 14—20 μ breit. Aecidien mit großer, sackartiger, pinselartig tief zerschlitzter Pseudoperidie (Röstélia laceráta [Sow.] Mer.) besonders auf Crataegusarten und Cydonia. — 6. G. Sabínae (Dicks.) Wint., bildet auf Zweigen von Juniperus Sabina, virginiana, Oxycedrus und phönicea gallertige, rotbraune, später hellere, zungenförmig zusammengedrückte Teleutosporenpolster mit 36—50 μ langen, 22—26 μ breiten, glatten Sporen. Die Aecidien mit gitterartig sich öffnender, oben geschlossen bleibender, kegelförmiger Pseudoperidie (Röstélia cancelláta [Jacq.] Rebent.), Gitterrost, auf den durch orangegelbe Flecken auffallenden Blättern der Birnbäume. — 7. G. confúsum Plowr., von voriger Art wenig verschieden und sogar mit ihr gemeinsam auf J. Sabína vorkommend, bildet seine Aecidien (Röstelia Méspili D.C.), die sich stets an der zerschlitzenden Spitze öffnen, auf Cydonia, Crataegus, Mespilus germanica, weniger regelmäßig auch auf Pirus communis.



Abb. 108. Gymnosporangium Sabinae. Teleutosporenlager auf Juniperus Sabina. — Aus v. Wettstein, Syst. Bot.

§ 126. b) Die Hymenomycetes gehören zur höheren Stufe der Basidiomyceten, den Autobasidiomycetes, mit ungeteilten Basidien, welche an ihrem Scheitel in der Regel je 4 Sterigmen tragen, die je eine Basidiospore abgliedern. Mit Ausnahme von Exobasídium, von welchem E. Vaccínii Wor. auf den Blättern der Preiselbeere rote oder weiße Anschwellungen, E. Rhododéndri Cram. auf denen der Alpenrosen die „Alpenrosenäpfeli" erzeugt, bekleiden die ausgedehnten Hymenien bestimmte, offen liegende Stellen charakteristisch gestalteter, meist stattlicher Fruchtkörper. Konidien und Chlamydosporen kommen nur in relativ wenigen Fällen vor. Die hier erwähnten Pilze sind fast alle holzbewohnende Wundparasiten. An totem Holze, dasselbe zersetzend, kommt außerdem noch eine große Zahl weiterer Arten vor. — Hervorragende Bedeutung als forstliche Schädlinge besitzen nur Tramétes Pini, Tramétes radicipérda (= Polyporus annosus) und Agáricus mélleus.

Bei den Gattungen Trametes und Polyporus inkl. Fomes ist die Substanz der meist konsolenförmigen, ungestielten, seit-

lich angewachsenen Fruchtkörper mit dem aus verwachsenen, engen Röhren bestehenden Hymenium fest verbunden.

Tramétes Píni fr., der Kiefern baum schwamm, ruft die namentlich in Kiefernbeständen Norddeutschlands ungemein verbreitete, in Süd- und Mitteldeutschland mehr an Fichten auftretende, im Riesengebirge auch an Lärchen und Tannen vorkommende Ring- oder Kernschäle hervor. Er greift als Wundparasit fast nur ältere (ca. 50jährige) Bäume (mit Kernholz) an, von tieferen Astwunden, welche sich nicht durch Harzaustritt schützen können, ausgehend. Die Bevorzugung der älteren Teile erklärt sich nach Münch (l. c.) durch deren Luftreichtum. Süd- und Westdeutschland sind noch so ziemlich verschont, in Nordostdeutschland aber richtet er an alten und sehr alten Kiefernbeständen ungeheuren, von Jahr zu Jahr steigenden Schaden an, bis im extremsten Fall solch ein alter Wald keinen gesunden Baum mehr hat. A. Möller[1]) berechnet den jährlichen Schaden, den dieser die Kiefernstarkholzzucht besonders gefährdende Pilz in den preußischen Staats forsten allein verursacht, auf mindestens eine Million Mark. Die Möglichkeit einer wirksamen Bekämpfung sieht er im rechtzeitigen, sich immer wiederholenden Aushieb der Schwammbäume resp. im Abschlagen und Verbrennen der sehr alt werdenden Fruchtkörperkonsolen, wo sofortige Entfernung der Schwammbäume nicht möglich ist. Neubildungen von Konsolen sollen durch Bestreichen der Abbruchstellen mit Ermischs Raupenleim verhindert werden. Das Mycel verbreitet sich vorzugsweise in der Längsrichtung im Stamm nach oben und unten, seitlich besonders im Frühholz der gleichen Jahresringe, das Holz so in peripheren Zonen als „Ringschäle" stärker zersetzend. Das erkrankte Holz wird zuerst rotbraun, dann entstehen durch stellenweise Lösung der verholzenden Substanzen weiße, aus Zellulose bestehende Flecken. Bei Fichte und Tanne dringt die Zersetzung bis zur Rinde vor, bei Kiefer und Lärche wird sie an der Splintholzgrenze durch eine feste, verharzende Schicht gehemmt. — Die korkig-holzigen, 8—16 cm breiten, oben konzentrisch gefurchten, braunen Fruchtkörper von Krusten- oder Konsolenform können bis 50 Jahre alt werden; sie kommen bei Kiefer und Lärche nur an Aststellen, bei Fichte und Tanne auch aus der Rinde hervor. Sie wachsen fast ausschließlich in den Monaten September bis Januar, in hohem Maße von der Feuchtigkeit abhängend. In dieser Zeit verbreiten sich die Sporen, die ihre Keimfähigkeit höchstens einige Wochen behalten, auch am stärksten, obwohl keimfähige Sporen wahrscheinlich während des ganzen Jahres, nur im Sommer weit seltener, vorkommen können.

Die Gattungen Fómes und Polyporus unterscheiden sich dadurch von Trametes, daß die Substanz zwischen den Röhren von der des Hutes verschieden und nicht wie bei T. derselben gleich ist. Fomes besitzt von Anfang an holzige, derbe Fruchtkörper mit im Alter geschichteten Röhren, während Polyporus anfangs zähfleischige, erst später erhärtende, seltener käsig-flockige, zerbrechliche Fruchtkörper besitzt und die Röhren hier nie geschichtet sind.

1. Fómes (Polyporus) annósus Fries (= Tramétes radicipérda Hartig, Heterobasídion annósum Bref.), der Pilz der Stockfäule oder der Wurzelschwamm, ist unter Umständen ein gefährlicher Parasit der Nadelholzbestände, der die gefürchteste Art der Rotfäule und Lücken in den Nadelholzwaldungen veranlaßt,

1) Möller, Ueber die Bekämpfung der Kiefernbaumschwamms, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1904 S. 676 ff.



die sich zentrifugal vergrößern. Er befällt besonders Pinus silvestris und Strobus, dann Fichte und Weißtanne in allen Altersstufen und wurde auch an anderen Nadelhölzern und an verschiedenen Laubhölzern gefunden. Die Erkrankung beginnt gewöhnlich an den Wurzeln und steigt von da im Stamm schnell und weit empor, außer bei der gemeinen Kiefer, bei welcher infolge rascher Verharzung die Fäulnis nicht über Stockhöhe emporsteigt. Das Mycel durchwächst, die lebenden Zellen tötend, das Holz der befallenen Wurzel rasch, die Rinde langsamer, und bildet zwischen den Borkeschuppen hervorwachsende, äußerst zarte, kaum seidenpapierdünne, weiße Mycelhäute. Wo eine kranke Wurzel im Boden eine gesunde eines Nachbarbaumes berührt, kann das Mycel in diese hineinwachsen und sie infizieren. Die Wurzeln werden so nach und nach getötet und damit endlich auch der Baum. Das erkrankte Holz wird nach dem Absterben der Zellen zuerst violett, später hell bräunlichgelb, wobei einzelne schwarze Flecken zurückbleiben, die sich später mit weißen Zonen umgeben. Dabei wird das Holz immer leichter und schwammiger, bekommt zahlreiche Löcher und zerfasert schließlich. Die Fruchtkörper brechen an den Wurzeln oder am Wurzelstock zwischen den Rindenschuppen hervor als sehr kleine, in der Jugend seidenglänzende, oben gelbliche, später schokoladebraune, unten schneeweiße, holzige, ziemlich dünne, schalenförmige Polster, die mit ähnlichen Nachbarpolstern verschmelzen und zu ausnahmsweise 30—40 cm großen Krusten heranwachsen können. Außerdem bildet das Mycel an der Luft, wie Brefeld[1]) zuerst bei künstlicher Kultur gezeigt hat, als Schimmelpilz massenhaft Konidien.



Abb. 109.
Fichtenwurzel mit Fruchtträgern von fomes annosus (= Trametesradiciperde). Nat. Gr. — Aus Hartig, Pflanzenkrankheiten.

Die von Brefeld verpönten Stichgräben werden von Praktikern z. T. als vorteilhaft befunden. Jede Maßregel, welche stärkeren Lichteinfall in den Bestand ermöglicht (wie Kahlhieb, Einbringen von Laubholz), wirkt nach Neger dem Uebel entgegen (und hat sich ebenso auch gegen Hallimasch-Epidemien als wirksam erwiesen). Die Fruchtkörper entstehen stets auf der dem Lichte abgewendeten Seite und kurze, direkte Beleuchtung genügt zur Tötung des Mycels.

2. Fómes (Polyporus) connátus Fries, mit reihenweise dachziegelig übereinander stehenden und verwachsenden, ausgebreitet-umgebogenen, korkig-holzigen, zottigen, weißen oder grauen Fruchtkörpern, lebt nach Hartig parasitär an Ahornbäumen.

3. F. (Polyp.) pinícola Fr., mit dicken, anfänglich polster-, dann hufförmigen, korkig-holzigen, ungleichen Fruchtkörpern, die anfangs gelblich, dann schwärzlich mit zinnoberrotem Rande, innen aber weißlich sind, lebt, wahrscheinlich parasitär, an Kiefern, Fichten, Tannen, Birken und Kirschbäumen.

4. F. (Polyp.) marginátus Fr., mit ähnlichen, aber meist noch größeren

1) Brefeld, Unters. a. d. Gesamtgebiet d. Mykologie (12 Hefte gr. 4° mit zahlr. Tafeln 1872—1895, eine Fülle von wertvollen Beobachtungen enthaltend). Bd. 8. p. 181 ff.

(bis 35 cm), flachen, kahlen oder grau bereiften, konzentrisch gefurchten Fruchtkörpern, die am Rande verschiedenfarbig gezont, innen lederfarbig sind, bewohnt hauptsächlich die Rotbuche, mitunter auch Eiche und Birke.

5. F. (Polyp.) salicínus Fr., mit zum größten Teil umgewendeten, sehr harten, kahlen, zimmetbraunen, später grauen Fruchtkörpern, ist nach Tursky ein gefährlicher Feind der Weiden.

6. F. (Polyp.) fomentárius (L.) Fr., der echte Feuer- oder Zunderschwamm, mit oft sehr großen (über 1 m) und alten, hufeisenförmig-polsterartigen, im Umfang halbkreisförmigen, oben konzentrisch gefurchten, kahlen, rußig-braungrauen Fruchtkörpern mit sehr harter Rinde und schwammigem, innerem, den Zunder lieferndem Gewebe, lebt auch parasitisch an Rotbuchen, seltener an Ulmen und Eichen, im Holze eine durch breite, lederartige, in radialen Spalten verlaufende Mycellappen charakterisierte Weißfäule erzeugend.

7. F. (Polyp.) igniárius L. Fr., der falsche Feuerschwamm, ist der gemeinste Wundparasit der meisten Laubhölzer, namentlich der Weiden und Eichen, wo er, das Holz anfänglich tief braun, dann gelblichweiß verfärbend, eine Weißfäule hervorruft. Die durch und durch harten, kugelig knolligen, später hut- oder konsolenförmigen, 6—20 (30) cm breiten Fruchtkörper sind anfangs gelbbraun filzig, später schwarzbraun kahl, konzentrisch gefurcht, an den Röhrenmündungen zimmetbraun.

8. F. (Polyp.) fúlvus (Scop.) Fr., mit beiderseits konvexen, knolligen, anfangs behaarten, dann glatten, gelbbraunen, später grau und rissig werdenden, bis 20 cm großen Fruchtkörpern mit zimmetbraunen Röhren, ist ein Weißfäule erzeugender, nicht seltener Wundparasit der Weißbuchen, Zitterpappeln und namentlich der Zwetschgenbäume.

9. Polyporus Hartígii Allesch. (von Hartig früher als P. fulvus Scop. bezeichnet), hat ungeschichtete Röhren, ist also ein P. im engeren Sinn. Die oberseits rotbraunen oder aschgrauen, an den Röhrenmündungen gelbbraunen Fruchtkörper besitzen Konsolenform am Stamm und Wulstform an den Aesten. Der Pilz ist ein Wundparasit der Fichte und Tanne, der mit Vorliebe alte, aufgerissene Krebsstellen der Weißtanne befällt und in deren Nähe seine Fruchtkörper bildet.

10. P. dryádeus Fr. (syn. P. pseudoigniárius Bull.), bildet an der Basis der Eichenstämme bis ½ m breite, zuerst fleischige, dann korkige, an der Oberfläche mit grubigen Vertiefungen versehene, rostfarbige, braun werdende, einjährige Fruchtkörper von geringer Dauer. — Das dunkle Kernholz zeigt gelbliche und weiße (Zersetzungs-)Längsstreifen.

11. P. betulínus (Bull.) Fr., mit bis 15 cm breiten, meist hufeisenförmigen, fleischigen, weißen, später korkartigen Fruchtkörpern mit dünner, abtrennbarer, bräunlicher Haut und kurzen Röhren, ist ein verbreiteter, Rotfäule erzeugender Wundparasit der Birken.

12. P. híspidus (Bull.) Fr., mit einjährigen, weichschwammigen, halbierten, polsterförmigen, oben rostbraunen, innen gleichfarbigen, unten gelblichen, bis 25 cm breiten Fruchtkörpern, ist ein Wundparasit von Eschen, Ulmen, Platanen, und namentlich von Maulbeer- und Apfelbäumen.

13. P. boreális Fr. mit einjährigen, fleischigen, wasserreichen, polster- oder konsolenförmigen, meist zu mehreren dachziegelig verwachsenen, bis 7 cm breiten und 5 cm dicken, weißen Fruchtkörpern von unangenehmem Geruch, ist ein verbreiteter Wundparasit der Fichte, wo er eine eigenartige Weißfäule erzeugt, indem 1—2 mm übereinander stehende, mit Mycel erfüllte, quere Lücken im Frühholz entstehen und das ganze Holz schließlich in würfel- oder backsteinähnliche Stücke zerfällt.

14. P. sulphúreus (Bull.) mit einjährigen, weichfleischigen (käseartigen), lebhaft schwefelgelb (oben auch rötlichgelb) gefärbten, sehr verschieden gestalteten Fruchtkörpern, von denen oft viele zu größeren (bis ca. 70 cm) Massen verwachsen sind, ist ein häufiger, Rotfäule verursachender Wundparasit von Laub- und Nadelhölzern.

15. P. squamósus (Huds.) Fr. mit einjährigen, seitlich oder exzentrisch gestielten, anfangs zähfleischigen, später verhärtenden, halbkreis- oder nierenförmigen, oberseits gelblichen, braunschuppigen, oft dachziegelig verwachsenen Fruchtkörpern ist ein häufiger, die verschiedensten Laubhölzer befallender, Weißfäule verursachender Wundparasit.

16. P. sistotrématis Alb. et Schw. (= móllis R. Hartig, = Schweinítzii Fr.), mit einjährigen, meist trichterförmigen, kurz- und dickgestielten, oft verwachsenen, bis ca. 30 cm großen, braungelben, weichschwammigen (im Alter dunkelbraunen und korkigen) Fruchtkörpern, deren weite, anfangs schwefelgelbgrüne, später braune Röhrenmündungen sich beim Berühren tiefrot verfärben, ist ein Wundparasit der gemeinen und der Weymouthskiefer. Im erkankten, eigenartig nach Terpentin riechenden Holz wird im Gegensatz zu den vorstehenden Arten gerade die Zellulose zersetzt, so daß das Holz schließlich mürbe und zerreiblich wird.

17. Pória (Polyporus) vaporária Pers. Lohbeet-Löcherpilz, bildet keine Konsolen, sondern umgewendete (mit dem Hymenium nach oben gerichtete), krustenförmig flach ausgebreitete und mit dem Substrat fest verwachsene, nur ca. ½ cm dicke, völlig weiße Fruchtkörper auf der Rinde lebender Fichten und Tannen, deren Holz er, ganz ähnlich wie vorstehende Árt, rotfaul macht. — Besonders schädlich wirkt der Pilz auch an totem Holz, das er rasch zersetzt, ähnlich wie der sehr selten auch im Walde an lebenden Bäumen gefundene echte Hausschwamm, Merulius lacrymans, dessen Mycel bald grau wird, während dasjenige von P. vap. stets weiß bleibt.

18. Pória (Polyporus) laevigáta (Fr.) bildet ebenfalls umgewendete, ausgebreitete, lederartig rauhe, dünne, braune, erwachsen sich ablösende Krusten mit hellbraun-filzigem Rand in der Jugend. Wie Mayr [1]) (auch für P. betulinus) experimentell nachgewiesen hat, ist der Pilz ein Rotfäule verursachender Wundparasit der Birke.

§ 127. Hýdnum divérsidens Fr. aus der Familie der Hydnaceae oder Stachelschwämme mit fleischigen, bis 5 cm breiten und 3 cm dicken, gelbweißen, verschieden gestalteten, gerandeten, konsolenförmigen

1) Bot. Centralbl. Bd. 20. 1884. p. 53 ff.; der Pilz fehlt sowohl in der Rabenhorst-Winterschen Kryptogamenflora wie bei Hennings in den Nat. Pflanzenfam.



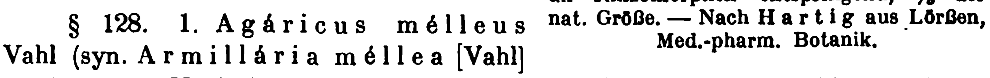
oder krustenförmigen Fruchtkörpern, die oberseits mit dichten, 1—1 ½ cm langen, verschieden gestalteten, vom Hymenium überzogenen Stacheln dicht besetzt sind, ist ein Weißfäule erzeugender Wundparasit der Eiche und Rotbuche.

1. Stéreum frustulósum Fr. (syn. Theléphora Pérdix R. Hartig) aus der Familie der Thelephoraceae (mit, wie bei den folgenden Arten, unterseitigem und glattem Hymenium), hat kleine, bis fingernagelgroße, undeutlich gerandete, halbiert-hutförmige, holzige Fruchtkörper mit gewölbtem, anfangs bereiftem, zimmetfarbenem Hymenium. Dieselben stehen meist dicht gedrängt, fast zusammenfließend und bilden oft felderigrissige, tellerartige, braunschwarze Krusten. Der Pilz ruft eine sehr charakteristische Zersetzung des Eichenholzes, das sog. Rebhuhnholz hervor, indem in dem erkrankten, dunkelbraunen Holz zahlreiche, kleine, weiße, kugelförmige Partien auftreten, die später zu Hohlkugeln werden.

2. St. hirsútum Fr. mit hirschbraunen, rauh behaarten, anfangs krusten-, dann meist becherförmigen, lederartigen Fruchtkörpern mit scharfem, gelblichem Rand und meist orangerotem, gezontem Hymenium, lebt auch als Wundparasit auf verschiedenen Laubhölzern und verursacht die häufige und charakteristische Zersetzung des Eichenholzes, die unter dem Namen weiß- oder gelbpfeifiges Eichenholz (auch Fliegenholz) bekannt ist. Die von den Aesten ausgehende Erkrankung verbreitet sich im Stamm in peripheren, weißen Zonen, die im Querschnitt als weiße Punktreihen (Fliegenholz), im Längsschnitt als weiße Streifen erscheinen.



Abb. 110.
Fruchtkörper von Agaricus melleus, an Rhizomorphen entspringend, ⅔ der nat. Größe. — Nach Hartig aus Lörßen, Med.-pharm. Botanik.



§ 128. 1. Agáricus mélleus Vahl (syn. Armillária méllea [Vahl] Quél.), der Hallimasch oder Honigpilz aus der Familie der Agaricaceae (deren Hymenium meist strahlig-radial verlaufende Lamellen überzieht), ist ein im Spätsommer oder Herbste gewöhnlich in dichten Rasen an toten Baumstümpfen (nam. Rotbuche) oder in deren Nähe auftretender Hutpilz mit 4—16 cm breiten, honiggelbem oder gelbbraunem, zähfleischigem, dünnem Hut, der oberseits haarig-zottige, braune Schuppen, unterseits entfernte, anfangs weißliche, später fleischfarbene oder bräunlich gefleckte, mehr oder weniger herablaufende Lamellen trägt. Der blaß fleischfarbige, schwam-

mig-volle Stiel trägt einen gelbweißen, häutigen Ring. — Aus den massenhaft gebildeten, weißen Sporen entwickelt sich ein saprophytisch lebendes, zartes Mycel und aus demselben die wurzelähnlich einzeln im Erdboden und sehr reichlich zwischen totem Holz und Rinde verlaufenden, braunschwarzen Rhizomorphenstränge, die mit Spitzenwachstum begabt sind und den Pilz im Erdboden verbreiten. Sie können in die Wurzeln der verschiedensten gesunden Nadelhölzer eindringen, aber jedenfalls nur unter noch sehr der näheren Erforschung bedürftigen Voraussetzungen, da der Pilz im Walde einer der allergemeinsten Saprophyten an alten Stöcken und Wurzeln ist. Nach Neger[1]) ist der seit mehreren Jahrzehnten in den deutschen Mittelgebirgen beobachtete Rückgang der Weißtanne allein auf Agaricus melleus zurückzuführen. Vorbereitet und gefördert wird die Krankheit durch Rauchbeschädigung, mangelhaften Lichtgenuß der Tannenkrone und Naßkernbildung in Stammanlauf und Hauptwurzeln. Zuerst wird die Hauptwurzel von Rhizomorphen umsponnen, die durch senkerartige Haustorien, d. h. durch Abzweigungen, die in das Innere der Rinde dringen, Fäulnis der Pfahlwurzel hervorrufen. Die horizontal streichenden Seitenwurzeln erkranken erst kurz vor dem Tode des Baumes. Nach Hartig und nach eigenen Beobachtungen scheint er auch Laubhölzer, namentlich Ahorn, als Wundparasit infizieren und Eichenstöcke im Niederwaldbetrieb töten zu können, ehe sie neue Ausschläge gebildet haben. Forstverwalter Balz[2]) berichtet von dem zahlreichen Absterben alter Bäume (100jährige und ältere Eichen, Rot- und Hainbuchen) in der Nähe von Barmen, die allerdings auch an Rauchbeschädigungen und ungünstigen Bodenverhältnissen usw. litten (Boden vom Großstadtpublikum festgetreten wie eine Tenne). Bis 1 cm breite Rhizomorphen waren 4—5 m hoch unter der Rinde emporgestiegen und Fruchtkörper bildeten sich auch an toten Splintholzstellen lebender Bäume, bis zu 2 m Stammhöhe. — Von der Spitze der in eine Nadelholzwurzel eingedrungenen Rhizomorphe entspringen zahlreiche Mycelfäden, die rasch im Holze, namentlich in den Harzkanälen aufwärts wachsen und das angrenzende Holzparenchym töten. Unter der Rinde lebender Wurzeln und Bäume wächst das Mycel langsamer und bildet hier derbe, weiße Häute (Pol. annosus sehr dünne!). Am Wurzelstock der erkrankten Bäume findet starker Harzfluß statt („Harzsticken, Harzüberfülle"). Später verbreitet sich das Mycel auch in den leitenden Gewebeelementen und ruft eine Art Weißfäule hervor. Wenn das Mycel von der infizierten Stelle aus den Stamm erreicht und von da aus, wie Polyp. annosus, die anderen, gesunden Wurzeln ergriffen hat, verdorren die Bäume rasch und die Holzzersetzung hört auf, ehe das Mycel das Kernholz erreicht hat. — Von A. melleus zersetztes Holz leuchtet (phosphoresziert) im Dunkeln, so lange das Mycel am Leben ist.



Abb. 111.
Rhizomorphen von Agaricus melleus an der Holzoberfläche eines tot. Stämmchens, etw. verkleinert. — Aus v. Wettstein, Syst. Bot.

1) Neger, Das Tannensterben i. Sachs. u. and. Mittelgeb. (Tharandter forstl. Jahrb. 1908. S. 201 ff.).

2) Forstw. Centralblatt 1906. S. 206 ff.

2. A. adipósus Fr., mit goldgelben, 6—8 cm (und mehr) breiten Hüten, die von verschwindenden, sperrigen, dunklen Schuppen konzentrisch bedeckt sind, dringt, wie Pol. Hartigii, als Wundparasit besonders in die Krebsstellen der Weißtanne ein. Er zersetzt das Holz rasch, das gelb oder honiggelb wird und in Jahresschichten zerblättert, aber auch in horizontaler und radialer Richtung von Mycelbändern durchsetzt wird.

Anhangsweise sei hier noch der merkwürdigen Pilzsymbiose der sog. Ambrósiapilze[1]) mit „pilzzüchtenden" Borkekäfern gedacht. Die dickwandigen Pilzsporen überwintern im Darm der weiblichen Käfer und erfahren hierdurch eine günstige Beeinflussung für die Keimung, die dann leicht in Wasser erfolgt, während normale Ambrósiasporen bis jetzt nicht zum Keimen zu bringen waren. Wenn die Käfer eine neue Brutstätte graben, werden die Ambrósiasporen hier eingeführt, keimen und nach kurzer Zeit kleidet sich der Fraßgang mit einem weißen Pilzrasen aus farblosen Ambrósiazellreihen aus, der nur hier auftritt und den Käferlarven zur Nahrung dient. Ambrosia ist kein systematischer Begriff, sondern eine allgemeine Bezeichnung für die unter anderen Umständen nicht auftretende, den Borkenkäferlarven zur Nahrung dienende Wuchsform irgend eines Pilzes. Die Ambrosiazucht wird als eine Anpassung an nährstoffarmes Substrat, wie es das Holz ist, gedeutet, da in den nährstoffreicheren Fraßgängen der Rinde und der Samen die Pilzzucht unterbleibt. — Gelegentlich kann von den Ambrósiapilzen resp. von den sie begleitenden Unkrautpilzen Holzinfektion ausgehen, welche eine Verkernung durch Wundholzbildung einleitet, so das Wasserleitungsvermögen des Holzes bei dünneren Bäumchen stört und solche zu vorzeitigem Absterben bringt.

## 4. Die nichtparasitären Baumkrankheiten und -Beschädigungen und die Reaktionen des Baumes auf Verletzungen aller Art.

Literatur: R. Hartig, Pflanzenkrankheiten, Berlin 1900, 325 S. mit 280 Abb.; A. B. Frank, Krankheiten der Pflanzen, Breslau 1895. 2. Aufl. 1. Band, 344 S. mit 34 Abb.; — P. Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten 3. Aufl. 1. Band, Berlin 1909, 891 S. mit 208 Abb. — Zahlreiche, hieher gehörige Abbildungen in L. Klein, Charakterbilder mitteleur. Waldbäume 1905 und Bemerkenswerte Bäume Badens 1908.

### I. Allgemeiner Teil.

§ 129. Den Gefahren der Außenwelt steht der Baum aus zwei Gründen viel ungünstiger gegenüber, wie Mensch und höheres Tier: An den Standort gebunden, ist er nicht in der Lage einer drohenden Schädigung auszuweichen. Außerdem besitzt er eine äußere Oberfläche, welche die eines Tieres usw. vom gleichen Volumen meist um das Vielfache übertrifft; er bietet dadurch äußeren Schädigungen viel mehr Angriffspunkte und viel mehr Angriffsfläche. Diese Nachteile werden freilich mehr wie aufgewogen durch die für den Kampf mit den Naturgewalten viel günstigere Gesamtorganisation. Mensch und Tier haben eine viel größere Mannigfaltigkeit lebenswichtiger Organe, die sie schon bei der Geburt besitzen und später nur weiter entwickeln und die fast alle nur in der Ein- oder Zweizahl vorhanden sind. Keines dieser Organe kann wieder ersetzt werden, wenn es verloren gegangen ist, keines kann tiefgreifende Verletzungen völlig ausheilen; jedes Tier, das auch nur ein wichtiges Organ eingebüßt hat, ist und bleibt ein Krüppel, falls ein solcher Verlust nicht etwa schon direkt den Tod zur Folge hat. Diesem zentralisierten Orga-

1) Neger, Ber. d. D. bot. Ges. 1908, 1909 u. naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1911. Schneider-Orelli, Naturw. Z. f. Forst- u. Landw. 1911.



nismus mit weitgehender Arbeitsteilung und weitgehender Unselbständigkeit der einzelnen Organe steht im Baum ein dezentralisierter Organismus mit weitgehender Selbständigkeit seiner Organe gegenüber. Die Arbeitsteilung der Gewebe wie der Organe steckt hier, trotz außerordentlicher Zweckmäßigkeit, dem Tier gegenüber noch in den Kinderschuhen, die Zahl der Einzelorgane ist unbestimmt, in der ersten Jugend klein, beim erwachsenen Baum aber ganz außerordentlich groß, die vegetativen Organe sind alle nur Wurzeln und Sproße, von allerdings sehr verschiedener Stärke und von sehr verschiedenem Alter, die jüngsten weitaus am zahlreichsten. Die Bedeutung der Einzelorgane, namentlich der jüngeren, für das Leben des Baumes ist eine unendlich viel geringere, die Beschädigung und selbst der Verlust auch einer sehr großen Anzahl von Organen hat, von vorübergehenden Zuwachsverlusten abgesehen, oft keine tiefer greifenden, schädlichen Folgen, wenn noch genügend funktionstüchtige Organe übrig geblieben sind, da der Baum lange Zeit eine von Jahr zu Jahr steigende Anzahl neuer Organe bildet, lange Zeit mehr, als normalerweise pro Jahr absterben und da, dank der Korrelation der Organe, der Verlust von Organen als direkter Reiz sowohl zur Neubildung von Organen wie zur Entfaltung längst vorhandener Organanlagen (schlafende Augen!) wirkt und somit selbst schwerste Verletzungen, wie starkes Einkürzen oder gar „Abwerfen" der Krone und das „auf den Stock setzen", mit der Zeit annähernd oder auch völlig wieder ausgeheilt werden können. Darum altert auch der Baum so ganz anders wie der Mensch oder das höhere Tier, bei denen das Altern in einem Nachlassen wichtiger Lebensfunktionen, in einer Abnutzung der Organe besteht und bei denen das Altern etwa dann beginnt, wenn die Gesamtmenge der neugebildeten, lebenden und zum Leben nötigen Substanz dauernd kleiner bleibt, als die der verbrauchten. Beim Baum dagegen sterben alte und junge Organe alljährlich in großer Zahl und die älteren allmählich von innen und außen. Der Haushalt des Baumes zeigt eine wunderbar konsequente Durchführung des Prinzips: Wer nicht arbeitet, soll auch nicht essen; alle für den Gesamtorganismus nutzlos gewordenen vegetativen Teile verhungern und werden abgestoßen (normaler Herbst-Laubfall, physiologische Zweig- und Wurzelanordnung). Das Altern beginnt beim Baum, wenn die Gesamtmasse oder vielleicht noch besser die Gesamtleistungsfähigkeit des alljährlichen Neuzuwachses an Organen und Organteilen dauernd kleiner bleibt als die Gesamtmasse der absterbenden Organe und Organteile und ihrer Leistungen.

§ 130. Ein weiterer, wichtiger Unterschied in der Organisation eines Baumes und eines höheren Tieres ist darin zu sehen, daß die Organe und Gewebe des Tieres aus lebenden Zellen bestehen. Der alte Baum aber zeigt uns, und zwar um so ausgeprägter, je älter er ist, daß dasjenige, was an ihm lebt, höchstens einige Jahrzehnte alt ist, er zeigt, daß nur ein relativ kleiner Teil seines Stammes, seiner starken Aeste und Wurzeln lebende Zellen enthält, eine verhältnismäßig schmale Schicht, nach außen wie nach innen von totem Gewebe begrenzt: nach außen ist er bis zu den Zweigspitzen und ebenso an allen nicht ganz dünnen Wurzeln durch Kork und Borke abgeschlossen, die keine lebenden Zellen enthalten. Der Kork schützt die Pflanzenteile gegen übermäßigen Transpirationsverlust, die Borke desgleichen; eine dickere Borke auch gegen plötzliche, starke Temperaturschwankungen, nicht aber gegen anhaltende, strenge Kälte. Dagegen hat der dicke Borkemantel vielhundertjähriger Urwaldbäume so manchem dieser alten Herren das Leben gerettet, wenn ein Bodenfeuer das schwächere Holz tötete, während ihm nur der tote Mantel etwas angekohlt wurde. Unter den jüngsten Korklagen folgt nach innen die lebende Rinde, je nach Baumart und Baumalter mit mehr oder weniger reichlichen toten

Gewebeelementen wie Bastfasern und Bastfaserbündeln, Steinzellen und Steinzellnestern und obliterierten Siebröhren untermischt. Die jüngste, unmittelbar aus dem Kambium hervorgegangene Rinde enthält nur lebende Zellen. Das Kambium selbst nebst den jüngsten Gewebemutterzellen von Holz und Rinde werden wir später als den weitaus wichtigsten Herd für alle Neubildungen kennen lernen, mit denen der Baum tiefer greifende Verwundungen ausheilt oder wenigstens auszuheilen versucht. Innerhalb des Kambiums liegen bei unseren Bäumen nur Gewebe, die vorwiegend oder ausschließlich aus toten Zellen bestehen, das Splintholz- und das Kern- resp. Reifholz. Holzfasern, die die Hauptmasse des Laubholzes ausmachen, Tracheiden und Gefäße sind alle im ausgebildeten Zustande ohne lebenden Inhalt, aber trotzdem für das Leben des Baumes von größter Bedeutung. Die Holzfasern der Laubhölzer, die Tracheiden der Nadelhölzer verleihen dem Holze die nötige Biegungs- und Säulenfestigkeit und befähigen den Stamm, das oft enorme Gewicht der Krone zu tragen und dem Seitendruck des Windes standzu halten, dem eine große Krone eine gewaltige Auffangfläche bietet. Die Gefäße und Tracheiden vermitteln die Wasserleitung von den Wurzeln bis zu den Blättern, tätig allerdings nur im äußersten oder in den äußersten Jahrringen. Als lebende Elemente kommen somit im Holze nur die Markstrahlen in Betracht, welche je nach Baumart quantitativ einen sehr verschiedenen Anteil an dem Aufbau des Holzkörpers nehmen; ferner die Holzparenchymzellen und Ersatzfasern, für welche das gleiche gilt und die den meisten Nadelhölzern völlig oder so gut wie völlig fehlen. Die Lebensdauer dieser lebenden Holzelemente ist eine begrenzte. Je nach Holzart und Standort nimmt ihre Zahl von Jahrring zu Jahrring ab, vom 50., oft schon viel früher, finden wir nur noch vereinzelte, für den Gesamthaushalt so gut wie bedeutungslos gewordene, lebende Zellen und im eigentlichen Kern- resp. Reifholz ist alles Leben erloschen; es dient lediglich noch zur Erhöhung der Standfestigkeit. Wird ein alter Baum hohl, so leiden darunter zunächst keinerlei Lebensfunktionen, da ja nur totes und funktionsloses Gewebe zerstört wurde. Bleibt schließlich, was nicht selten zu sehen, auch nur ein ganz dünner Holzmantel von der Zerstörung verschont, so genügt dies völlig für die Leitung des von den Wurzeln aufgenommenen Wassers und im Verein mit den lebenden Zellen der Rinde, zur Speicherung der Reservestoffe. Der Baum lebt gerade so weiter wie zuvor, er ist äußerlich von einem kerngesunden Baum nicht zu unterscheiden. Der hauptsächlichste Nachteil, den der hohle Baum durch die Zerstörung seines Kernes erfahren hat, ist eine erhebliche Schwächung der Säulen- und Biegungsfestigkeit des Stammes und damit eine geringere Widerstandskraft gegenüber starken Stürmen, die früher oder später den hohlen Baum brechen oder zerreißen, während ihnen der intakte Stamm standgehalten hätte.

## II. Die verschiedenen Verwundungsarten und ihre Heilung.

§ 131. Verletzungen der lebenden Teile eines Baumes durch äußere Eingriffe nennen wir Wunden. Stets wird dabei die schützende Hülle, die alle Organe gegen die Außenwelt abschließt (Kuticula, Kork, Borke) durchlöchert, lebende Zellen in mehr oder weniger großer Anzahl zerrissen und getötet und so auch geeignete Einfallspforten für das große Heer parasitischer Pilze geschaffen, die durch Rot- und Weißfäule auch die toten Holzelemente in weitgehendem Maße zu zersetzen vermögen. Die Art der Wundheilung hängt nicht, wie beim Tier, in erster Linie von der Natur des verletzten Organs, sondern vor allem von der Natur der verletzten Gewebe ab, d. h. vor allem davon, ob Gewebe

verletzt wurden, die ausschließlich oder doch vorwiegend aus lebenden Zellen aufgebaut sind oder, was den Tieren fehlt, ob es Gewebe sind, die wie das Holz zum größten Teil aus physiologisch toten Zellen bestehen. Die von den verletzten Baumteilen eingeleiteten Heilungsprozesse und etwaige sonstige Reaktionen auf Verwundungen richten sich lediglich nach der Natur und Größe der Wunde; die Ursache der Verletzung ist für den Heilungsprozeß meist ganz nebensächlich, da gleiche oder ähnliche Verletzungen durch sehr verschiedene Ursachen hervorgerufen werden können. Jede Heilung und jeder Heilungsversuch beginnt stets mit Gewebeneubildung.

§ 132. Wundkork. Kleinere Rindenverletzungen an Zweigen wie Wurzeln, die nicht bis auf das Kambium gehen, sog. „Schröpfwunden", wie sie in der Natur besonders durch Hagelschlag und Insektenfraß verursacht werden, heilen durch Wundkorkbildung. Die durch die Verletzung aufgerissenen Zellen sterben selbstverständlich ab, zumeist wohl auch die unmittelbar angrenzenden, unverletzt gebliebenen. Die der Wunde am nächsten stehenden, gesund bleibenden Zellen erfahren bald lebhafte Zellteilungen parallel zur Wundfläche; das so entstandene, sekundäre Teilungsgewebe erweist sich als richtiges Korkkambium, das hauptsächlich gegen die Wunde zu Zellen in den Dauerzustand übergehen läßt, lückenlos zusammenhängende Zellreihen, deren Wände verkorken. Dieser Wundkork schließt am Rande an das normale Periderm an und flickt so das Loch im Korkmantel. Im übrigen kann Wundkork an jedem beliebigen Pflanzenteil gebildet werden, sofern er nur aus lebenden Zellen besteht, selbst im Mark (Fraßgänge von Insektenlarven einkapselnd) und, in untergeordnetem Maße, selbst bei lederigen und fleischigen Blättern.

§ 133. Wundheilung durch „Bekleidung". Wird bei einem im Safte stehenden Baum ein Stück Rinde vollständig bis zum Kambium weggenommen (z. B. Sommerschälen des Rotwildes, Eichenschälwald und dgl.), dann pflegen in unserem Klima die bloßgelegten Kambiumreste der geschälten Stamm- und Astpartien fast regelmäßig sofort durch Vertrocknen abzusterben, am spätesten über den spindelförmigen Figuren der Markstrahlen, die so oft etwas aus dem Holze herauswachsen; mitunter bleiben einzelne, unregelmäßig inselartige Teile des Kambiums am Leben und bilden neue Rindenstücke; sehr selten bei uns (häufig im feuchtwarmen Tropenwald) bleiben die Kambialreste der ganzen geschälten Fläche am Leben (bei anhaltend feuchtem Wetter und bedecktem Himmel oder bedeckter Wunde) und dann kann die ganze Schälwunde sich gleichzeitig mit neuer, am Lichte anfänglich ergrünender Rinde bedecken, wie ich dies mehrfach bei von Rotwild geschälten Rotbuchen im Spessart und einmal besonders schön an einem bis gegen 2 m Höhe geschälten Eichenstämmchen von ca. 10 cm Durchmesser gesehen habe, das an einem sehr luftfeuchten Standort am Bodensee die riesige Verwundung durch derartige „Bekleidung" lückenlos geheilt hatte.

§ 134. Wundheilung durch Ueberwallung tritt überall ein oder wird wenigstens überall versucht, wo Verletzungen bis aufs Kambium oder tiefer gehen, also bei Schälwunden jeder Art, bei den Aestungen, beim Abwerfen der Krone, dem Stammhieb über der Erde, bei durch irgendwelche mechanische Gewalt abgebrochenen Aesten usw. usw. Am einfachsten liegen die Verhältnisse bei den „Ringelwunden", am bekanntesten ist die Wundheilung durch Ueberwallung von Buchstaben und anderen Zeichen, die in glattrindige Baumstämme (Rotbuche mit Vorliebe) eingeschnitten wurden.



Wird bei einem Stangenholz die Rinde durch zwei Ringelschnitte vorsichtig bis auf das Kambium durchschnitten und das Rindenstück zwischen den beiden Schnitten losgelöst, dann vertrocknet alsbald das Kambium und der oberhalb der Ringelwunde gelegene Baumteil zeigt zunächst keinerlei Funktionsstörung, da das Holz nach wie vor über die Ringelstelle Wasser und Aschenbestandteile zur Krone emporleitet und die Blätter ungestört weiter assimilieren. Ganz anders ist die Lage des Baumteils unterhalb der Ringelungsstelle, die einen Graben darstellt, den die in der Rinde abwärts wandernden Assimilationsprodukte nicht überschreiten können; der blattlose Baumteil unterhalb der Ringelungsstelle ist somit ausschließlich auf die organische Nahrung angewiesen, welche sich (als Reservestoffe) zurzeit der Verwundung in seinen lebenden Zellen befindet. Mit diesem Material muß er seine gesamten Haushaltungskosten bestreiten: Atmung, Bildung neuer Wurzeln, insbesonders neuer Saugwurzeln, Verlängerung und Verzweigung der alten, fortwährende Erneuerung der Wurzelhaare, das, allerdings bald zum Stillstand kommende, Dickenwachstum von Stamm und Wurzeln und den kümmerlichen unteren Ueberwallungswulst. Am oberen Wundrand stauen sich die in der Rinde abwärts wandernden organischen Baustoffe, hier findet ausgiebiges Dickenwachstum des Stammes statt und von dem sich reichlichster Nahrungszufuhr erfreuenden Kambium des oberen Wundrandes wird ein kräftiger Ueberwallungswulst gebildet, der, dem bloßgelegten Holz fest angeschmiegt, langsam nach unten wächst. Zu einer wirklichen Heilung kann es nur kommen, wenn der obere und der untere Ueberwallungswulst schließlich aufeinander treffen und so miteinander verwachsen, daß die unterbrochenen Leitungsbahnen der Rinde wiederhergestellt werden und die Assimilationsprodukte wieder zum Wurzelsystem leiten. Eine Stamm-Ringelwunde von nennenswerter Breite ist somit stets als eine lebensgefährliche Verletzung für den Baum anzusehen, der gerade so lange noch am Leben bleibt, als das Wurzelsystem den Transpirationsverlust der Krone genügend zu decken vermag; sobald das ungenügend ernährte Wurzelsystem dazu nicht mehr imstande ist, verwelkt das gesamte Blätterkleid mit einem Male und der Baum stirbt ab. Unterhalb der Ringelungsstelle wachsen einige schlafende Augen zu sog. „Angstreisern" aus, ein Versuch mit unzureichenden Mitteln, Ersatz für die physiologisch ausgeschaltete Krone zu schaffen; die Gesamtleistung der meist unter wenig günstigen Beleuchtungsverhältnissen assimilierenden Blätter dieser Angstreiser kann den drohenden exitus letalis wohl etwas verzögern, aber nach längstens 1—2 Jahren pflegt er sicher einzutreten, falls nicht früher, bei ganz schmalen Ringelwunden, eine Ueberbrückung des Grabens durch teilweise Verwachsung der Ueberwallungswülste stattgefunden hat, insbesondere da, wo der von kräftigen Angstreisern lokal stärker ernährte, untere Ueberwallungswulst rascher vorgerückt ist und falls nicht etwa der geringelte Baum durch geeignete Wurzelverwachsungen mit anderen Bäumen sich neue, illegale Nahrungsquellen erschließt. Apfelbäume z. B., die im Winter von Hasen ringsum geschält wurden, sind stets verloren, ebenso natürliche Buchenverjüngungen, bei denen Mäuse dieses Geschäft unter der winterlichen Schneedecke besorgt haben. Die geschälten Bäume treiben im Frühjahr aus und verwelken meist zu Beginn des Sommers. Will man natürliche (von Mäusen geringelte) Buchenverjüngungen retten, dann sind die Bäumchen im Frühjahr, vor dem Austreiben, hart unter der Ringelungsstelle abzuschneiden, damit die Reservestoffe der unteren Hälfte hier austreibenden, schlafenden Augen allein zu gute kommen.

§ 135. Die Ueberwallung von den Wundrändern aus bei anderen als Ringelwunden ist am leichtesten zu verstehen bei einem aus der Rinde

herausgeschnittenen Viereck oder bei einem im Niveau der Rinde glatt abgesägten Ast. Am oberen Wundrand eines solchen Rindenfensters stauen sich die abwärtswandernden Nahrungsstoffe, die Seitenränder befinden sich ebenfalls in besonders günstigen Ernährungsverhältnissen, weil hier zu der normalen, gerade abwärts wandernden Nahrungsmenge noch der Ueberschuß hinzukommt, der vom oberen Wundrand rechts und links ausbiegt; der untere Wundrand hat begreiflicherweise die schlechteste Nahrungszufuhr. Am oberen und unteren Wundrand arbeitet das Kambium unter dem gleichen Rindendruck wie an unverletzten Stellen, an den Seitenrändern dagegen ist der Rindendruck aufgehoben oder doch stark abgeschwächt, was zur Folge hat, daß hier das Kambium eine intensivere Teilungs- und Wachstumstätigkeit entfaltet. Die jungen Gewebewülste, die so zwischen dem alten Holz und der alten Rinde hervorkommen und allmählich immer dicker werden, pressen sich fest an die Oberfläche des bloßgelegten Holzkörpers; eine mittlere, an das alte Kambium direkt angrenzende Schicht dieser „Ueberwallungswülste" behält kambialen Charakter, wenn die äußere und die innere Schicht des jungen Ueberwallungswulstes in den Dauerzustand übergehen. Die saftreichen, dünnwandigen Zellen der innersten Schichten pressen sich fest an das tote, bloßgelegte Holz, sterben gleichfalls ab, ihr gerbstoffreicher Zellsaft durchtränkt Plasma und Zellhaut und oxydiert sich durch Sauerstoffaufnahme tief braunschwarz (besonders deutlich an Spaltstücken solcher Ueberwallungen zu sehen). In den äußersten Zelllagen des Ueberwallungswulstes bildet sich ein neues Periderm, das Kambium bildet im Ueberwallungswulst ebenfalls nach außen Rinde, nach innen Holz, das anfänglich aus vorwiegend parenchymatischen Zellen aufgebaut ist. Erst nach und nach treten in diesem „Wundholz" reichlicher tracheidale, anfangs sehr kurze Gewebeelemente auf und allmählich, bei fortschreitender Verdickung des Ueberwallungswulstes, nähert sich das Wundholz mehr und mehr dem anatomischen Charakter des normalen Holzes und geht schließlich in solches über. Die Ränder der Ueberwallungswülste treffen früher oder später zusammen, falls die zu überwallende Fläche nicht zu groß ist und das Wachstum der Ueberwallungswülste nicht vorzeitig erlahmt. Kork und eventuell Borke bedecken die Ueberwallungswülste da, wo sie zusammenstoßen und sich fest und fester aneinander pressen; diese toten Gewebepartien werden größtenteils abgerieben oder herausgequetscht, bis die Kambiumzellen zusammenstoßen und miteinander verwachsen und so das Loch im Kambiummantel wieder ausgeflickt wird. Jahrzehntelang sind solche fertigen Ueberwallungen bei glattrindigen Bäumen, wie Rotbuche, an der von der normalen etwas abweichenden Rindenfärbung und an der Beschaffenheit der Rindenoberfläche zu erkennen, während die eigentliche Ueberwallungsstelle immer tiefer in den dicker werdenden Stamm einrückt. Jede solche Ueberwallung stellt natürlich eine Unterbrechung des festen Holzgefüges dar, weil das Wundholz dem bloßgelegten Holze nur angepreßt, aber in keiner Weise mit ihm organisch verwachsen ist und alte Buchen, über und über mit Zuschriften und Zeichen aller Art „geziert", wie sie sich namentlich in der Nähe belebter Spazierwege finden, sind als Nutzholzstämme wertlos. In ganz ähnlicher Weise wie das Rindenfenster heilen bei Grün- wie Trockenästung, die im „Forstschutz" näher behandelt sind, die Wunden aus, die vorsichtig und glatt im Niveau der Rinde abgesägte Aeste hinterlassen; namentlich die Eiche leistet da ganz erstaunliches. Ist ein schwerer Ast schlecht abgesägt, dann wird nicht selten durch den Druck des sich senkenden Astes das Kambium an dem unteren Wundrande, wo die Ueberwallung schon so wie so am langsamsten vor sich geht, getötet, es bil-



det sich unter der abgestorbenen Rinde eine flache Tasche, in die Regenwasser eindringt, eine sehr günstige Einfallspforte für Wundinfektionskrankheiten. Bleibt ein Aststutz stehen — an den oft schauderhaft verschandelten, älteren Schattenspendern unserer städtischen Straßen und Plätze an vielen Orten in unheimlicher Auswahl zu sehen — oder wird durch Sturm, Schneedruck oder sonstige mechanische Gewalt ein Ast gebrochen und treiben an dem Stumpfe keine schlafenden Augen mehr aus, dann wird hier in gleicher Weise eine Heilung durch Ueberwallung wenigstens ver-



Abb. 112.
Brandbeschädigte Esche in Rötenbach im Schwarzwald mit ausgedehnten Ueberwallungen acht Jahre nach dem Brande. L. Klein phot.

sucht. 2—3 cm an der Basis eines solchen Aststutzes bleiben am Leben und werden von den in der Rinde des Tragastes oder des Stammes abwärts wandernden Baustoffen normal weiter ernährt, das ganze obere Ende aber verhungert und stirbt ab. An der Basis eines solchen abgestorbenen Astes schiebt sich, je nach Holzart und je nach Stärke und Festigkeit des Astes oft jahrzehntelang langsam ein Ueberwallungswulst hülsenförmig in die Höhe; das Holz des Stumpfes wird unter dem wech-

selnden Einfluß von Nässe und Trockenheit nach und nach von holzzerstörenden Pilzen völlig zerstört und diese Holzfäulnis kann mehr oder weniger weit ins Innere des Stammes oder Tragastes fortgeschritten sein, ehe der faule Stumpf abbricht. Das so gebildete „A s t l o c h" bildet die Einleitung zu späterer Kernfäule und zum Hohlwerden. Kleinere, bei der Eiche und einigen anderen Bäumen aber auch große Astlöcher, können von dem Ueberwallungswulst, der sich nach dem Abfallen den faulen Aststutzen nach innen, in das Astloch herein, krümmt, durch gewaltige, sehr unregelmäßig verdickte und oft gemaserte Holzwülste teilweise, bis auf ein kleines rundes Loch, oder auch gänzlich verschlossen werden.

Beim Beschneiden von Bäumen und Sträuchen, wie es in Gärten und Anlagen und namentlich bei Heckenpflanzen stattfindet, beim Einkürzen von Krone und Wurzeln, beim Verpflanzen junger Bäume, beim Verbiß durch Wild und Weidevieh, beim Abwerfen der Krone von Straßenbäumen, beim Kopfholzbetrieb, beim auf den Stock setzen, beim Pflanzen von Stecklingen und Setzstangen, überall wird an den abgesägten, abgeschnittenen oder abgebissenen Enden der Stämme, Aeste, Zweige und Wurzeln eine Wundheilung durch U e b e r w a l l u n g eingeleitet und auch zu Ende geführt, wenn die Wundfläche nicht zu groß war. Ebenfalls durch Ueberwallung, aber langsam, schlecht und unvollkommen, werden Q u e t s c h w u n d e n geheilt, weil unter den an der gesunden Rinde noch lange festzusammenhängenden, abgestorbenen Rindenpartien die schwachen Ueberwallungswülste meist schon zum Stillstand gekommen sind, wenn die tote Rinde endlich abfällt. Lösen sich dagegen, wie in Abb. 112, durch Hitze getötete, große Rindenstreifen frühzeitig ab, so können bei Bäumen mit gutem Wundheilungsvermögen auch ungewöhnlich große Wundflächen durch Ueberwallung völlig geheilt werden.



Abb. 113.
Zellen des Tracheidalparenchyms von Pinus Strobus mit der resinogenen Schicht rsg.; ht Harztröpfchen. — Nach N o t t b e r g.

§ 136. Besonders hervorzuheben ist schließlich noch das so merkwürdige „U e b e r w a l l e n d e r T a n n e n s t ö c k e", eine bei unserer durch ihr lang ausdauerndes, vorzügliches Wundheilungsvermögen ausgezeichneten Weißtanne verbreitete Erscheinung, die bei etwa 10 cm starken Stöcken im Laufe von d r e i b i s v i e r J a h r z e h n t e n zu einer v o l l s t ä n d i g e n Ueberwallung des abgehauenen Stumpfes führen kann, der dabei kräftig und gleichmäßig in die Dicke wächst und von den Ueberwallungswülsten eine Holzkappe von solcher Mächtigkeit aufgelagert bekommen kann, daß die nach dem Abhieb gebildete Gesamtmasse an neuem Holz die Holzmasse des Stockes zur Zeit des Abhiebs beträchtlich übertrifft. Da ist es selbstverständlich völlig ausgeschlossen, derartig erstaunliche Leistungen aus den Reservestoffen des Stockes allein zu erklären; die dürften nicht einmal hinreichen, um den Atmungsprozeß der lebenden Elemente unseres Stockes in dieser langen Zeit zu unterhalten. Die ganz respektablen Mengen an Baumaterial, die ein solcher überwallter Tannenstock verbraucht hat, stammen wohl so gut wie ausschließlich von gesunden Tannen der Nachbarschaft, mit deren Wurzeln unser Stock schon vor dem Abhieb ausgiebige Wurzelverwachsungen eingegangen hatte, und von

denen er, wie ein Schmarotzer von seiner Wirtspflanze, seine gesamte organische Nahrung bezieht.

### III. Der Harzfluß der Nadelhölzer; die Verkienung.

§ 137. Der Harzbalsam, den die Harzkanäle und Harzgallen der Nadelhölzer führen, entsteht nach Tschirch[1]) in einer verschleimten Schicht der Zellmembran, der „resinogenen“ Schicht; sie bildet bei den den Harzkanal begrenzenden „sezernierenden“ Zellen die äußerste, direkt an den Kanal grenzende Schicht der Membran, bei den Zellen des Tracheidalparenchyms, aus dem die Harzgallen hervorgehen, die innerste, an das Zellumen grenzende Schicht. Früher hielt man das Harz für einen Zellinhaltskörper, für ein Produkt des lebenden Plasmas, für ein Umwandlungsprodukt der Stärke, des Gerbstoffs

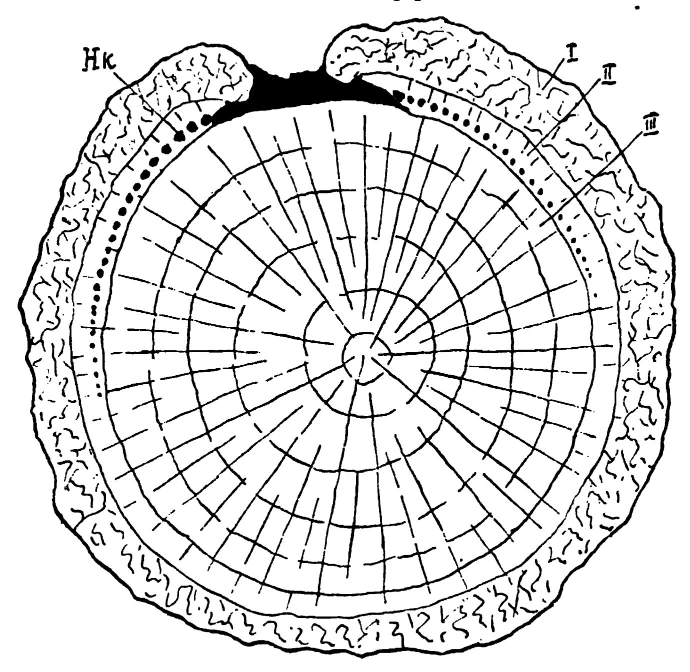



Abb. 114.
Schema der Entstehung des Harzflusses am Stammquerschnitt: I Rinde. II nach der Verwundung entstandenes Neuholz mit Harzkanälen (HK) in der Umgebung der Wunde. III Altholz. Das Harz ist schwarz gehalten. — Nach Tschirch.

oder der Zellmembran. Wo große Mengen von Harzbalsam gebildet werden, opfert der Baum natürlich auch eine Menge organischer Substanz dafür, die oben genannten Stoffe; der Sitz der Harzbildung aber ist die resinogene Schicht. Ungewöhnlich starke Harzabsonderung unserer Nadelhölzer, Harzfluß oder Resinosis, steht stets zu Verwundungen, zu denen in diesem Falle auch Pilzinfektionen zu rechnen sind, in enger Beziehung; er trägt hier den Charakter eines Wundbalsams. Daß die oft auffallend großen Mengen von Sekret, das nach Verwundungen verschiedenster Art an Stämmen und Aesten austritt, kein normal in der unverletzten Pflanze gebildetes Sekret sein kann, liegt auf der Hand (z. B. bis 10 kg Harzbalsam von einer Seestrandkiefer). Dieses Sekret trägt von vorneherein pathologischen Charakter. Durch jede

1) Tschirch, Harze und Harzbehälter 2. Aufl. S. 1137 ff.



Verwundung, welche das Kambium verletzt, wird bei unseren Kiefern, Fichten, Lärchen und Tannen Harzfluß veranlaßt. Dieser Harzfluß setzt sich zusammen aus einem primären, physiologischen Natur, der sich unmittelbar nach der Verwundung einstellt, nur kurze Zeit dauert und von geringer Ergiebigkeit ist. Das austretende Harz stammt aus den normalen Harzkanälen des Holzes und der Rinde. Einige Zeit später erst setzt der sekundäre, pathologische Harzfluß ein, dessen Sekret nur aus den Harzkanälen des nach der Verwundung gebildeten Neuholzes stammt, die infolge des Wundreizes in großer Zahl entstehen. Dieses Neuholz in der Umgebung der Wunde ist ein „Tracheidalparenchym", mit allen Uebergängen von der typischen, isodiametrischen, verholzten Parenchymzelle mit einfachen Tüpfeln, in der Nähe der Wunde, bis zur typischen Tracheide in entsprechender Entfernung. In der Rinde bilden sich keine pathologischen Harzbehälter. Die pathologischen Harzkanäle entstehen, wie die normalen, durch Auseinanderweichen von Zellreihen, also schizogen, erweitern sich aber später oft sehr beträchtlich durch Auflösen von Zellen (lysigen) und bilden ein reich verzweigtes, anastomosierendes Netz, das mit seinen offenen Enden bis an die Wundfläche heranreicht und das schon in den jüngsten Kanälen Harzbalsam führt. Im Hochsommer beginnt der sekundäre Harzfluß etwa 3—4 Wochen nach der Verwundung und hält während der Vegetationsperiode so lange an, bis die Wunde durch Ueberwallung geschlossen ist. Dauert dies mehrere Jahre, so werden alljährlich in den neugebildeten, abnormen Tracheidalparenchym neue pathologische Kanäle angelegt. Die Intensität des sekundären Harzflusses sowie die Menge des austretenden Sekrets hängt von der Größe der Wunde und der Dauer des Wundreizes ab. Der Wundreiz äußert sich kräftiger in dem oberhalb der Wunde gelegenen Stamm- oder Zweigteil; infolgedessen werden oberhalb der Wunde zahlreiche und lange Kanäle, unterhalb weniger lange und kurze gebildet.

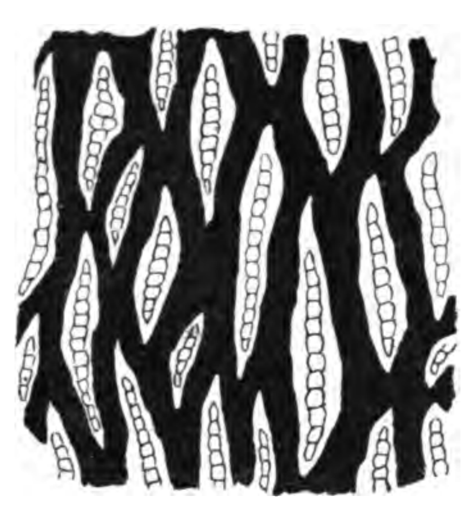


Abb. 115.
Harzfluß. Tangentialschnitt durch die Harzkanalschicht, die Kanalanastomosen zwischen den Markstrahlen ? zeigend. ¦. — Nach Tschirch.

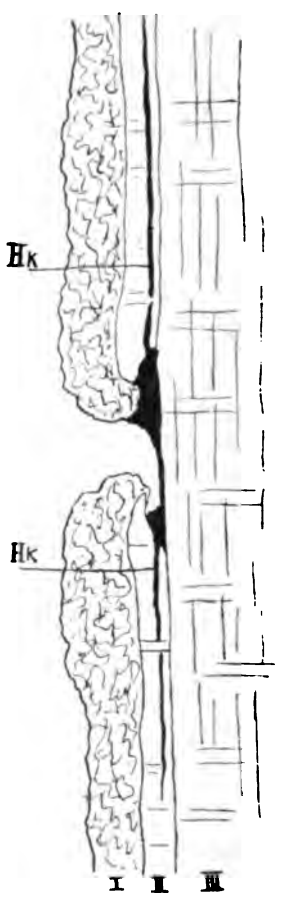



Abb. 116.
Schema der Entstehung des Harzflusses am Stammlängsschnitt. Figurenbezeichnung wie bei Abb. 114. — Nach Tschirch.

§ 138. Die geschlossenen Harzgallen der Nadelhölzer bilden sich ebenfalls nur infolge von Verwundungen und ebenfalls nur nach Verletzungen

des Kambiums, namentlich dann, wenn eine im Umfang beträchtliche Schicht von Tracheidalparenchym durch Ueberwallung in normales Holz eingeschlossen wird.

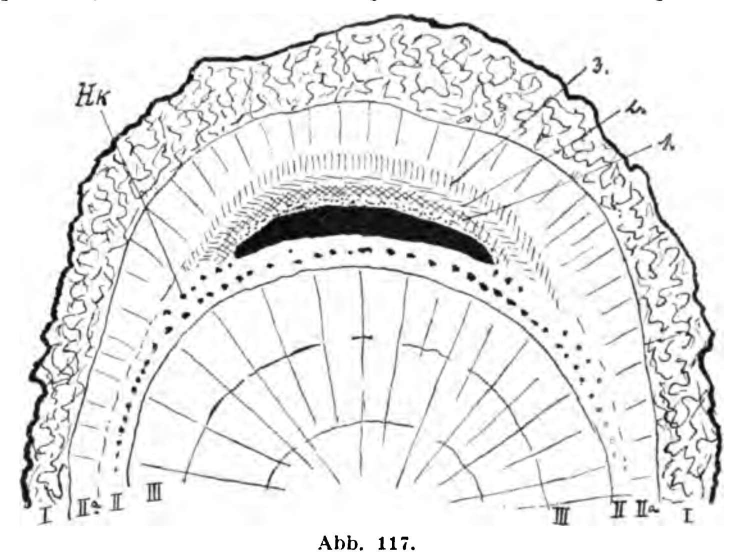



Abb. 117.
Schema einer Harzgalle im Stammquerschnitt. I, II, III, wie Abb. 114; 1—3 die drei Randschichten der Harzgalle. 1. Tracheidalparenchym, das später der Verharzung anheimfällt. 2. Tracheidalparenchym, dessen Zellen zwar noch Harz führen, aber nicht zugrunde gehen. 3. Harzfreie Randschicht des Tracheidalparenchyms. — Nach Tschirch.

Als erste Reaktion auf die Verwundung erfolgt Bildung eines eigentümlichen Wundparenchyms, das entweder aus typischen Parenchymzellen oder aus „Tracheidalparenchym" besteht und ziemlich unvermittelt oder durch zahlreiche Uebergänge in typisches Tracheidengewebe übergeht. In diesem pathologischen Holzgewebe, vornehmlich in dem typischen Tracheidalparenchym, bilden sich die Harzgallen anscheinend rein lysigen. Einige Zellen dieses Gewebes entwickeln eine resinogene Schicht, dann beginnt die primäre und sekundäre Membran dieses Harzgallen zu verschleimen, — die tertiäre Membran bleibt lange intakt —, in den resinogenen Schleimschichten bildet sich Harzbalsam und schließlich gehen die Zellen zugrunde und die Mitte der Harzgalle führt einen großen Harzklumpen. Die Randzellen der Harzgalle bilden überhaupt kein Sekret und werden darum in diese Resinosis nicht einbezogen.

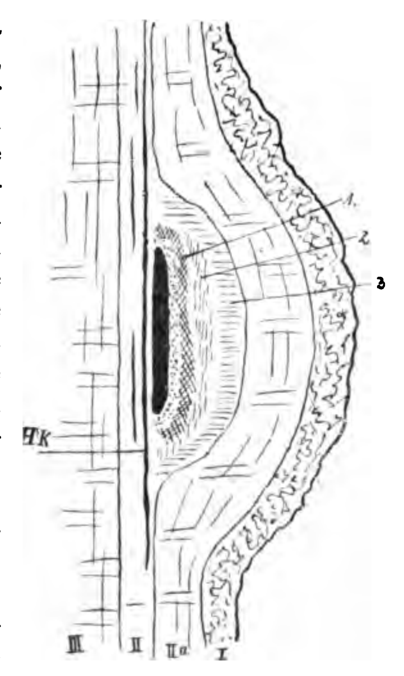



Abb. 118.
Schema einer Harzgalle im Längsschnitt. Figurenbezeichnung wie bei voriger Fig. — Nach Tschirch.

§ 139. Verkienung ist überall da bei Nadelhölzern zu beobachten, wo durch die Verwundung auch der Holzkörper in Mitleidenschaft gezogen wurde; auch Brandwunden haben regelmäßig starke Verkienung zur Folge. Die Verkienung, die Durchtränkung der Zellhäute der Holzelemente mit Harz, ist ebenfalls ein pathologischer Prozeß,

der voraussetzt, daß diese Zellhäute relativ trocken und so einer Infiltration mit Harz zugänglich werden. Im Inhalte der verkienten Zellen findet sich kein Harz, der Vorgang betrifft also nur die Zellhaut, die bei „leichter Verkienung" schwach, bei „schwerer" stark fettglänzend erscheint. Finden sich gelbe oder bräunlich-gelbe Inhaltsmassen in den verkienten Zellen, namentlich in der Nähe der Wunde, dann haben wir sog. „Schutzgummi", das sich ganz so wie das typische „Wundgummi" (die Ausfüllung der Gefäße und Tracheiden in der Nähe von Wunden) verhält und unlöslich in Alkohol ist (Bassorin).

## IV. Der Verbiß durch Wild und Weidevieh; geschneitelte Bäume.

§ 140. Bei der Fichte (Abb. 28), bei der Tanne (Abb. 41), bei der Buche (Abb. 66, 67) sind bereits charakteristische Verbißbilder gegeben. Eine große Anzahl weiterer findet sich bei Klein 1, 2 und besonders 3 und 4. Die Tanne wird in der Jugend, auch an mehrjährigen Zweigen, vom Rot- und Rehwild, namentlich im Winter, stark verbissen, die junge Fichte von den Ziegen im Frühjahr, besonders im Alpengebiet, sämtlicher Maitriebe beraubt, die Buche dagegen auf den überstellten Weidfeldern der deutschen Mittelgebirge meist erst im Spätsommer. Fast alle in kleinerer Anzahl versuchsweise angebauten Exoten werden mit Vorliebe vom Wild verbissen, z. T., wie z. B. die junge Douglasfichte, auch durch Fegen beschädigt, was hier wie bei der Fichte ungenügend verheilende Quetschwunden gibt. Geschält vom Rotwild werden in erster Linie Laubholzbäume mit glatter Rinde (vor allem die Buche), dann auch jüngere Fichten, teils im Winter, teils, und dann besonders schädlich, im Frühjahr und Frühsommer: das Tier knabbert ein breites Rindenstück am Fuße des Stammes los und reißt dann, rückwärts tretend, einen langen Rindenstreifen ab.

Beim Verbiß ausgewachsener Zweige kommen stets eine große Anzahl schlafender Augen an den stehenbleibenden Zweigstummeln im nächsten Frühjahr zur Entfaltung; beim Verbiß von Maitrieben der Fichte bilden sich in den Blattachseln der kurzen Stummel Ersatzknospen, die noch im gleichen Sommer zu kürzeren Zweigen austreiben. In beiden Fällen kommt es, da sich dies Spiel von Jahr zu Jahr wiederholt und die Tiere sehr gründliche Arbeit zu machen pflegen, zu dichter, hexenbesenähnlicher Verzweigung und oft recht grotesken Baumgestalten, den „Geißtannli", „Hirschtannen", und „Kuhbüschen". Langsam wachsen diese Büsche in die Breite, noch langsamer in die Höhe, von einem Gipfeltrieb ist längst keine Rede mehr, wenn solche Fichten bis zu einem vollen Jahrhundert und darüber von den Ziegen gleichsam unter der Schere gehalten werden und bei den Hirschtannen und Kuhbüschen geht es ähnlich. Früher oder später kommt endlich ein Zeitpunkt, zu welchem das Geißtannli den Ziegen, der Kuhbusch den Kühen usw. endlich gewissermaßen aus dem Maule wächst, wenn einer oder einige der jungen Maitriebe nicht mehr erreicht werden, und nunmehr, von der lange gehemmten Entwicklungsfreiheit ausgiebigen Gebrauch machend, mächtig in die Höhe schießen und in wenigen Jahren zu kräftigen Bäumchen erwachsen, die am Grunde noch Jahrzehnte lang das Geißtannli weiter tragen können, wo es denn auch von den Ziegen weiter verbissen wird. In ähnlicher Weise wird im Alpengebiet auch die Lärche verbissen. Bei den Kuhbüschen, die mehrere Meter breit werden können und deren unterste Aeste nicht selten Wurzeln schlagen, wachsen oft eine große Anzahl Triebe zu Stangen sehr verschiedener Stärke aus, die sich später, je nach Einzelfall, zu einer Garbenbuche (Abb. 65) entwickeln oder zu einer

polykormischen Weidbuche mit kurzem dickem Stamm (Abb. 63) verwachsen können. Geschneitelte Bäume, wie Birken zur Besenreisgewinnung, Fichten, namentlich in den österreichischen Alpenländern, zur Streugewinnung, Ahorne und Eschen in den Alpenländern wie im Schwarzwalde zur Blattfuttergewinnung, Kopfweiden, die Flechtruten liefern, nieder gehaltene Schatten-Platanen und andere Straßenbäume am Genfer und Luganer See usw. mit ihren schirmförmig flachen Kronen, kopfweidenähnlich mißhandelte, „auf Brennholz" genutzte Edelkastanien im Kanton Tessin, besonders im Maggiatal, lebende Zäune und Hecken usw. usw., sie alle reagieren in ähnlicher Weise wie beim Verbiß und bringen aus den kurzen Aststummeln alljährlich (bzw. nach dem Schneiteln) zahlreiche schlafende Augen zum Austreiben. Setzt sich die Krone bei einem solchen Baum, wie bei den oben erwähnten Platanen — ähnliche stehen, wenn ich mich recht erinnere, vor dem königlichen Schloß zu Würzburg — aus einer relativ kleinen Anzahl etwa 1—2 m langer, knickiger, sternförmig divergierender Aeste zusammen, dann findet an den Astenden durch die zahlreichen, hier auf engem Raum dicht nebeneinander entspringenden Wasserreiser eine Ueberernährung des Kambiums statt, die zu einer starken, keulenförmigen Anschwellung der Astenden führt. Endlich beruht die Bildung einer neuen Krone nach dem „Abwerfen" der alten, das Austreiben von Stocklohden ganz überwiegend auf dem Antreiben schlafender Augen, und meist nur untergeordnet spielen hierbei auch Adventivknospen, die sich in den Ueberwallungswülsten selbst bilden, eine Rolle.

## V. Mechanische Beschädigungen durch Wind und Schneedruck; klimatische Reduktionsformen.

§ 141. Von den nur gelegentlich auftretenden Stürmen und Orkanen abgesehen, die starke Aeste abknicken und selbst ganze Bäume brechen oder werfen, sind es namentlich in Windlagen im Gebirge und an den Meeresküsten die herrschenden Winde, die chronische Beschädigungen verursachen, die entweder den Stamm schief legen, „windgedrückte" Bäume, oder die die Krone auf der Stoßseite durch Verpeitschen kürzen, worauf sich in luftfeuchten Lagen, oft auffallend dicht stehende, kurze, struppige Zweige, ähnlich wie beim Verbiß, an den zurückgebrochenen Aststummeln bilden, während durch ungestörte oder gar gesteigerte Entwicklung die Krone auf der Zugseite eine unsymmetrische Form bekommt: „windgepeitschte" Bäume, Fahnenwuchs (Abb. 69 und die beim Verbiß zitierte Literatur), oder bei noch weiter gesteigerter Windwirkung vertrocknet allmählich die ganze Kronenhälfte der Stoßseite (bei der Fichte im Winter), sie erscheint oft glatt wie mit der Schere abgeschnitten und wir bekommen die „windgescherten" Bäume (Abb. 30). Bricht der Sturm (gelegentlich auch der Schneedruck) das Stammende einer Fichte oder Tanne, dann richtet sich, besonders in höheren Gebirgslagen, der oberste Quirl alter Aeste bogenförmig zu Ersatzgipfeln auf, wir erhalten den Wind- oder Schneebruchkandelaber, wirft er einen Baum so, daß noch ein zum Leben ausreichender Teil des Wurzelsystems im Boden bleibt (Lagerholz), oder legt er ihn nur stark schief (geschobener Baum), dann richtet sich der Gipfel bogenförmig auf und auf dem Rükken des Stammes entwickelt sich oft eine ganze Anzahl von Seitenästen 1. Ordnung zu Tochterstämmchen (Harfenbäume) (Abb. 29). Verspäteter, starker Schneefall, zu einer Zeit, zu welcher die Laubhölzer bereits belaubt sind, ebenso wie vorzeitiger im Herbst, ehe das Laub abgeworfen ist, kann die Kronen der Laubholz-

bäume in geradezu fürchterlicher Weise zerreißen und verunstalten und eine Menge schwächerer Stämme brechen oder auf den Boden legen. Ungewöhnlich reiche und stark lastende Schneemassen können an unseren Nadelholzwaldungen auch im Winter großen Schaden anrichten; die schmalen Kronen der Gebirgskiefern und -fichten mit ihren biegsamen, dünnen Aesten stellen wohl zweifellos eine Anpassung an die Schneemassen des Gebirgswinters resp. eine durch sie veranlaßte Naturauslese dar. Im Gebirge drückt die Schneelast junge Bäume hangwärts oft zu Boden und veran-



Abb. 119.
Schneedruck-Schneckenkiefer vom mittleren Ochsenkopf bei Herrenwies im bad. Schwarzwald. — L. Klein phot.

laßt Säbelwuchs des Stammes, besonders auffallend in natürlichen Buchenverjüngungen oder bei Waldmänteln und dgl., die aus ehemaligen Kuhbüschen erwachsen sind, die zahlreichen Stangenhölzer eines solchen Busches in der mannigfachsten Weise verkrümmend (vgl. Abb. 68 und Klein IV, Taf. 144 und 145). Knickt der Schnee den Gipfel einer jungen Fichte um, ohne ihn völlig abzubrechen, dann heilt eine solche Verletzung selbst bei Stangen, die an der Knickstelle

4—5 cm stark sind, nicht selten völlig aus und liefert uns zwei sehr merkwürdige Wuchsformen, je nach der relativen Länge des abgeknickten Stückes. Ist solches kürzer als der untere Stammteil, dann richtet sich das Stammende scharf bogenförmig auf (ähnlich wie bei Caeoma pinitorquum) und der Stamm zeigt einen ∽-förmigen Knick, an der ursprünglichen Knickstelle oft stark verbreitert wie der aufgeblähte Hals einer Brillenschlange (besonders häufig bei Fichten); ist dagegen das heruntergeknickte Stück bei jüngeren Bäumchen etwas länger als der untere Stammteil, dann richtet er sich später ebenfalls ∽-förmig auf, wenn die Stammspitze von der Stammbasis weggebogen ist; ist sie aber gegen die Stammbasis hin gebogen, dann kommt es zu einer schneckenförmigen Aufrichtung und zu einer vollen Schneckenwindung des Stämmchens, mit oder ohne spätere, seitliche Verwachsung, wie ich solches besonders bei Kiefern öfters gefunden habe (auch die „Schneckenfichte", Taf. 101 von Klein IV, gehört hierher). Wesentlich auf Rechnung austrocknender Winde (Schneedruck und Kälte) sind die klimatischen Reduktionsformen (wie Strauchfichten und -Birken, kleine Schneebruchkandelaber, Polster- und Mattenfichte) zu setzen, der Krüppelwuchs der Bäume an der Baumgrenze im hohen Norden und oberhalb der Waldgrenze im Hochgebirge und an den höchsten Erhebungen unserer Mittelgebirge (Abb. bei Klein, IV, Taf. 78—85 und 122, sowie bei Kihlmann, Pflanzenbiologische Studien aus russischem Lappland in Acta soc. pro fauna et flora fennica 1890). Auch die Spitzfichte in Frostlagen der Alpen (Abb. bei Schröter, Vielgestaltigkeit der Fichte l. c.) und des hohen Nordens[1] ist hierher zu rechnen, da ihre schmal walzenförmige Krone mit kurzen, hängenden Aesten, durch regelmäßige Spätfrostbeschädigungen der Seitentriebe zustande kommt, während die später austreibende Endknospe verschont bleibt. Die Spitzfichte ist eine höchst zweckmäßige, klimatische Anpassung an die Unbilden des Hochgebirgsklimas.



Abb. 120.
Zwei spiralig verwachsene Fichten bei Rötenbach im Schwarzwald. — L. Klein phot.

### VI. Verwachsungen jeder Art.

§ 142. Bei allen Verwachsungen sind echte oder organische und falsche oder mechanische streng auseinander zu halten. Alle echten Verwach-

sungen laufen auf das gleiche Grundprinzip hinaus wie die Wundheilung durch Ueberwallung, nämlich auf die Vereinigung zweier, vorher getrennter Kambien zu einem einzigen. Echte Verwachsung ist nur möglich zwischen lebenden Teilen des gleichen Baumes oder zwischen verschiedenen Individuen der gleichen Holzart. Sie setzt jeweils voraus, daß an der Verwachsungsstelle beide Teile bis auf das Kambium oder dessen unmittelbare Nähe verwundet wurden und daß später beide Kambialflächen oder das junge, aus ihnen entstehende Wund- und Ueberwal-



Abb. 121.
Zweibeinige, alte Buche mit ungleichen Beinen bei Meßkirch. — Forstassessor Gayer phot.

lungsgewebe, der Kallus, wie beim Okulieren und Kopulieren unserer Obst- und Ziergehölze, das auch hierher gehört, in direkte Berührung treten, die zu einer organischen Verschmelzung führt und einen direkten Stoffaustausch der beiden verwachsenen Teile durch die Verwachsungsstelle hindurch ermöglicht. Zwei ursprünglich selbständige Bäume können sich später ernährungsphysiologisch wie ein Individuum verhalten. Zwischen Angehörigen verschiedener Baumarten da-

gegen ist, einige Fälle naher Verwandtschaft ausgenommen, nur mechanische Verwachsung möglich, auch dann, wenn sich beide Teile an der Berührungsfläche bis aufs lebende Kambium abgerieben haben und sich scheinbar aufs innigste verbinden. Hier werden beide Teile höchstens mit mehr oder weniger ausgedehnten Flächen innig aneinander gepreßt, auch dann, wenn die Verwachsung äußerlich von einer organischen gar nicht zu unterscheiden ist. Beide bleiben ernäh-



Abb. 122.
Scheinbare Stammverwachsung von Rotbuche und Eiche („Der Kuß"), bei Kandern im bad. Schwarzwald. Die Buche ist im Schatten der Eiche und dicht neben ihr aufgewachsen, hat die Rinde der Eiche unter der Gabelstelle wund gescheuert und wird von ihr mit zwei dicken, lippenartigen Ueberwallungswülsten umfaßt. Das weitere Schicksal zeigt der vorgeschrittenere gleiche Fall von Abb. 124. L. Klein phot.

rungsphysiologisch stets völlig getrennte Individuen. Ebenso verhalten sich natürlich auch zwei Angehörige der gleichen Holzart, wenn ein abgestorbener Ast des einen Baumes mit einem lebenden Ast oder Stamm eines zweiten Baumes verwächst, in ihn „einwächst", oder wenn bei der Berührung zweier lebender Teile nur

der eine bis auf das Kambium abgerieben wird. Später kann freilich eine derartige falsche Verwachsung doch noch zu einer echten führen, wenn der steigende Druck des immer weiter wachsenden, älteren Ueberwallungswulstes den umklammerten, lebenden Teil des zweiten Baumes bis auf die Kambialregion durchreibt.

Der äußeren Erscheinung nach können beide Verwachsungsformen in sehr verschiedener Weise auftreten, wie folgende Spezialfälle zeigen mö-

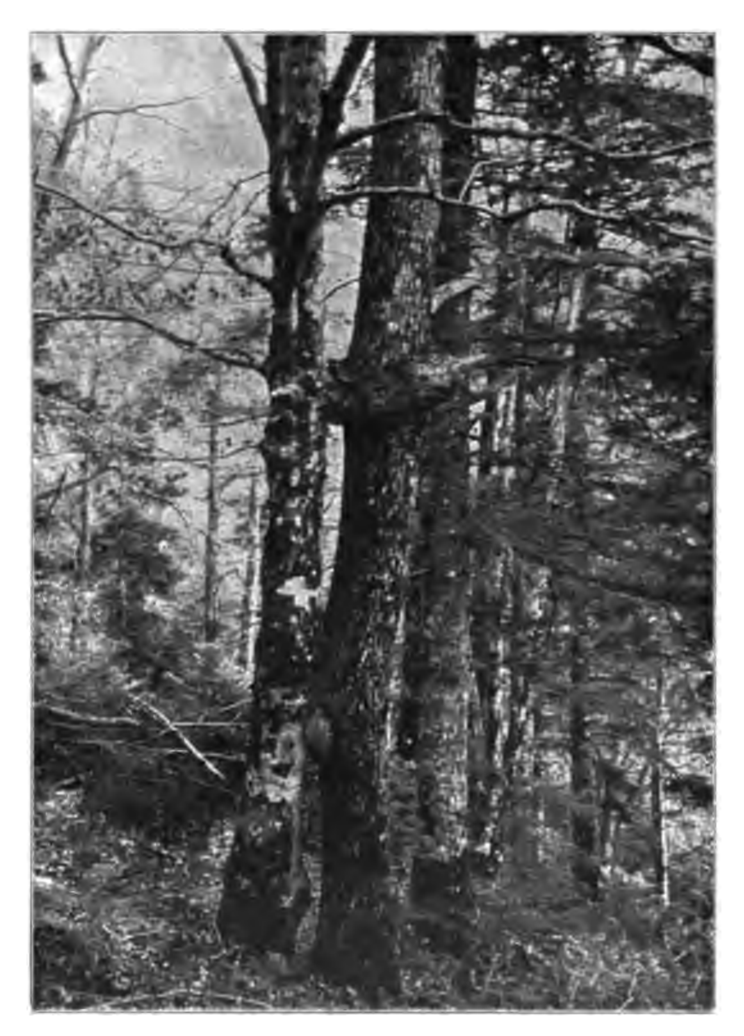


Abb. 123.
Leiterförmige, falsche Verwachsung von Eiche und Rotbuche am Kybfels bei Freiburg i. B. Ein jetzt abgestorbener Horizontalast der Buche hat die Rinde der daneben stehenden Eiche wund gescheuert. Die Eiche hat auf diese Verletzung mit der Bildung zweier mächtiger, lippenartiger Ueberwallungswülste reagiert, die sich in der Mitte bereits vereinigt haben und den Buchenast fest umschließen. An der unteren Verwachsungsbrücke ist die Reizung von einem kurzen Hornast der Eiche ausgegangen und die Buche hat mit der Bildung eines starken Ueberwallungswulstes reagiert. — L. Klein phot.

gen. Weitaus am häufigsten sind echte Verwachsungen bei den Wurzeln, sowohl bei denen des gleichen Baumes wie bei denen verschiedener Individuen der gleichen Art. Astverwachsungen sind besonders an alten

Hecken zu finden. Verwachsen zwei und mehr Stämme nur an der Basis, so erhalten wir bei aus Büschelpflanzung und dgl. hervorgegangenen Waldbäumen die forstlich so unbeliebten Zwiesel-, Drilling- und Garbenbäume (Klein IV, Taf. 98, 157 und 208), bei den auswachsenden Kuhbüschen die Weidbuchen mit „polykormi-



Abb. 124.
Falsche Stammverwachsung von Eiche und Rotbuche. Die starke Eiche hat in jahrzehntelanger Ueberwallungstätigkeit den Stamm der schwächeren Rotbuche mit zwei muschelförmigen, ca. zwei Meter langen Ueberwallungswülsten fast vollständig umschlossen und (scheinbar) breitgedrückt; weiter oben waren noch zwei weitere Muscheln. — L. Klein phot.



Abb. 125.
Lebender Weißbuchenast scheinbar durch den Stamm einer Eiche hindurchgewachsen, in Wirklichkeit durch Ueberwallung vor vielen Jahren eingeschlossen; die mit Bork bedeckte Ueberwallungsstelle ist von der übrigen Rinde nicht mehr verschieden. (Gemeindewald von Malsch bei Karlsruhe, Oberförster Dr. Pfefferkorn phot.)

schem" Stamm (Klein IV, Fig. 128, 139, 155), wenn eine ganze Anzahl kurzer Stangen seitlich völlig miteinander verwachsen, die Henkelbäume,

wenn ein Seitenast eines schwächeren Baumes mit einem daneben stehenden, stärkeren Stamm verwächst (oder umgekehrt), dann oberhalb der Verwachsungsstelle abstirbt und unterhalb vom Nachbarbaum weiter ernährt wird (Klein IV, Taf. 99). Sind beide Bäume annähernd gleich, dann gibt es „Reck“-artige Verwachsung (Forstbot. Merkb. für Schleswig-Holstein Fig. 9, „Turnreckbuche“). Wächst ein Ast weiter oben mit seinem Tragstamm oder -Ast so zusammen, so erhalten wir Ast-Henkelbäume. Oft verwachsen, namentlich bei Buchen (und Fichten), zwei nebeneinander stehende Stangen, sich ein bis zweimal spiralig umeinander drehend, mit einer ganzen Anzahl über einander stehender Verwachsungsstellen leiterartig. Eingeleitet werden solche Verwachsungen fast stets durch Aststutzen, die den Nachbar wund kratzen und bei dem spiraligen Umwinden dürfte einseitig wirkender Schneedruck wohl die Hauptrolle spielen. Verwachsen zwei durch Schneedruck gebeugte Stangenhölzer, die sich mit den Stämmen kreuzen und wundreiben an der Kreuzungsstelle, bricht dann der eine hier ab, wird die Abbruchstelle völlig überwallt und richtet sich die andere Stange gerade auf, falls das noch nötig ist, dann erhalten wir die so merkwürdigen, zweibeinigen Bäume (besonders bei Eichen, Buchen und Kiefern, vgl. Klein IV, Taf. 160—162, sowie die forstbot. Merkbücher von Westpreußen, Fig. 11 (Eiche), von Pommern, Abb. 16 Buche, 23 Eiche; von Schlesien S. 116, Kiefer, usw. Die physiologisch merkwürdigsten Verwachsungen bieten die ab und zu vorkommenden Fälle, in denen zwei Nachbarbäume durch kräftige Astverwachsungen in den Kronen zusammenhängen, der eine später an der Basis abgehauen wird, aber trotzdem noch eine Reihe von Jahren als „angesäugter“, „ankopulierter“, „ablaktierter“ Stamm am Leben bleibt und bis weit herunter lebende, beblätterte Zweige trägt, die alles zum Leben nötige Wasser vom „Nährstamm“ durch die Verwachsungsstellen zugeführt bekommen. Im Zehrstamm bewegt sich dann das Wasser in umgekehrter Richtung, von oben nach unten, was nicht so verwunderlich ist, wie es auf den ersten Blick erscheint, weil die Wasserleitungsbahnen ja nach beiden Richtungen funktionieren können, wie aus dem Anwachsen verkehrt gepflanzter Weidenstecklinge erhellt (Klein IV, Taf. 159. Sorauer, Pfzkr. I, S. 838).

Ein ganz eigenartiges Verwachsungsprodukt stellen endlich die großen, besonders am Stamm alter Linden häufigen, auch bei Feldulme und Spitzahorn nicht seltenen „Maserkröpfe“ dar, die der sog. „Knospensucht“ ihre Entstehung verdanken, einer krankhaften, von Jahr zu Jahr sich steigenden Anhäufung und seitlicher Verwachsung einer ganz abnorm großen Anzahl von Knospen- und Knospenanlagen auf beschränktem Raume. Gewöhnlich treiben diese Maserkröpfe zwar viele, aber nur kümmerliche Zweige, selten bedecken sie sich mit richtigen Wasserreisern.

Bei den falschen Verwachsungen finden wir die meisten oben geschilderten Verwachsungsformen wieder; ein paar besonders merkwürdige zeigen die Abbildungen. Selbst sehr verschiedene Bäume z. B. wie Fichte und Rotbuche können ihre Stämme auf eine ganz anständige Strecke scheinbar völlig vereinigen (vgl. Klein IV, Taf. 199, wo diese beiden Bäume mit einem Gesamtumfang von 3 m in Brusthöhe auf bis zur Höhe von 3 m scheinbar völlig verwachsen sind).

## VII. Frostbeschädigungen. 1.

§ 143. Während der Vegetationsruhe, im Winter, gelten unsere einheimischen Holzgewächse, von abnormen Entwicklungs- und Standortsverhältnissen abgesehen, für durchaus kältefest, während viele in milderen Klimaten



heimische Exoten starker Winterkälte erliegen. Im Saft stehende Pflanzenteile, insbesondere Blätter und junge Triebe, erfrieren durch Spätfröste um so leichter, je wasserreicher sie sind. Die in den Winterknospen steckenden, von derben Knospenschuppen umhüllten, überaus wasserarmen jungen Blatt- und Nadelanlagen unserer Waldbäume halten der größten Winterkälte stand; sobald sie aber im Frühjahr sich zu strecken anfangen, wasserreicher werden und sich aus der Knospe herausschieben, erweisen sie sich als sehr frostempfindlich. Lufttrockene Samen halten die größte Winterkälte aus, im gequollenen Zustand aber, bei der Keimung, erfrieren sie leicht. Die alte Streitfrage, ob der Frosttod beim Gefrieren oder beim Auftauen erfolge, und insbesondere die Frage, ob erfrorene Pflanzenteile durch schnelles Auftauen getötet werden, während sie bei langsamem Auftauen am Leben bleiben sollten, ist heute, wenigstens für die Holzgewächse, gelöst; wir wissen, daß der Frosttod immer schon beim Erfrieren selbst erfolgt und daß derartig geschädigte Organe auch beim langsamsten Auftauen nicht mehr ins Leben zurückgerufen werden können. Die Ausnahmen von dieser Regel (gewisse Sorten Birnen und Aepfel, Agavenblätter) berühren uns hier nicht.

Früher stellte man sich den Frosttod so vor, daß sich im Lumen der lebenden Zelle Eis bilde und die Zellhäute sprenge; heute wissen wir, auf direkte mikroskopische Beobachtung gestützt, daß sich beim Erfrieren von lebenden Pflanzengeweben Eis nicht in den Zellen, sondern in den Interzellularräumen bildet, die freilich bei zarten Organen, wie jungen Blättern und dgl., durch das Auftreten größerer Eismassen im Schwammparenchym mechanisch gewaltig erweitert werden können, so daß auch die Gewebe selbst mehr oder weniger stark zerreißen; bei Blättern wird namentlich die Epidermis der Unterseite oft blasig abgehoben. Es ist nicht die niedere Temperatur an sich, die den Gefriertod bedingt, denn dieser tritt nicht bei 0°, sondern erst bei tieferen Temperaturen ein, weil die Pflanzenteile erst um mehrere Grade überkältet werden müssen, ehe die plötzlich einsetzende Eisbildung beginnt, die ihrerseits erst den Frosttod der lebendigen Zellen bedingt, wenn dem lebenden Plasmas rasch eine so erhebliche Wassermenge entzogen wird, daß die Molekularstruktur des Plasmas in nicht wieder rückgängig zu machender Weise zertrümmert wird. Auch die weitgehende Konzentration des Zellsaftes durch Wasserentzug bei der Eisbildung wird beim Frosttode eine gewisse Rolle spielen. Johannistriebe unserer Bäume, die ungenügend ausgereift sind, und darum zu wasserreich in die Winterruhe eintreten (besonders Eiche), erliegen leicht dem Frosttode. Am schädlichsten sind die Spätfröste, denen das gesamte Mailaub zum Opfer fällt, weil hierdurch eine große Menge wertvoller Aschenbestandteile, insbesondere Kali und Phosphorsäure und der gesamte Stickstoffgehalt der Blätter plötzlich dem Stoffwechsel des Baumes entzogen wird. Wie tief eine solche Störung in das Baumleben eingreift, erhellt u. a. auch daraus, daß das Austreiben des neuen Blätterkleides gewöhnlich erst etwa 4 Wochen nach dem Frosttode des alten erfolgt, daß die Holzbildung sistiert wird und die Anlage eines neuen, wieder mit Frühholz beginnenden Jahrringes (Doppelring) erst nach Beginn der Assimilationstätigkeit des neuen Blattkleides erfolgt. Häufiges Abfrieren der jungen Zweigspitzen in Frostlagen bedingt Vielästigkeit und Kurzzweigigkeit der Baumkronen, die z. T., insbesondere bei der Fichte, den Verbißformen ähnlich werden können; auch die

1) Hans Molisch, Unters. üb. d. Erfrieren d. Pflanzen. Jena 1897. 73 S. Hier auch die ältere Literatur.

„*Spitzfichte*“ gehört hierher. Werden, bei schwächerer Spätfrostwirkung, die jungen Triebe nicht völlig getötet, so treten, je nach dem Grade der Schädigung durch vorübergehende Eisbildung, mehr oder weniger weitgehende *Störungen der Gewebebildung* auf; zum mindesten kommt es infolge des vorübergehend aufgehobenen oder geschwächten Turgors des Jungholzes zu einer nachträglichen starken Verbreiterung der Markstrahlzellen (Abb. 126), bei stärkerer Frostwirkung zum Absterben von Einzelzellen oder ganzen Gewebepartien (vgl. *Hartig*, Pflanzenkrankheiten, Fig. 216), Bildung von mehr oder weniger großen, durch Eisausscheidung entstandenen Gewebelücken und schließlich zur Tötung des Markes, des Jungholzes und der Innenrinde, während das Kambium nebst den Markstrahlen manchmal allein am Leben bleibt und noch im gleichen Jahre einen mit *rein parenchymatischem*, später sich braun färbendem Gewebe beginnenden, neuen Holzring bildet, der erst allmählich wieder in normal gebautes Holz übergeht.

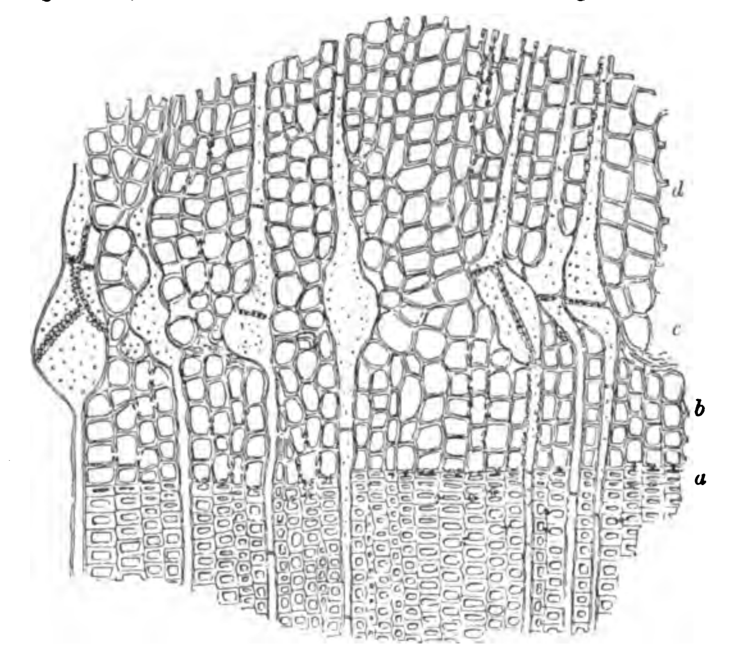



Abb. 126.

*Frostring* aus dem Holz einer Fichte. a Grenze des letzten Jahrringes. b neuer, zurzeit des Spätfrostes bereits verholzter Jahrring. c Region des kambialen Gewebes, aus der beim Spätfrost Wasser austrat, mit Markstrahlen, die sich in dieser Region später ausdehnten. d Holz des neuen Jahrrings nach dem Froste. b und d bilden zusammen einen „Doppelring“ Vergr. 100. — Nach *Hartig*. Bei stärkerer Frostbeschädigung wird das kambiale Jungholz (was hier bei c nur angedeutet ist) ähnlich wie bei Abb. 129 getötet und zusammengepreßt.

Die Aehnlichkeit des „*Frostrings*“ mit dem „Wundholz“ (vgl. S. 562) ist unverkennbar, ebenso mit einem „Blitzring“, insbesondere beim Vergleich der oben zitierten Fig. 216 (weniger ausgesprochen von Abb. 126) mit Abb. 129. Es ist dies nicht weiter verwunderlich, da es sich ja in *allen* drei Fällen um eine Art Wundholzbildung handelt. In Frostlagen bergen Nadelholzstämme im unteren Stammteil, d. h. bei 1—2 m Höhe nach *Hartig* oft bis zu 10 Frostringe. Auch an *älteren Stamm-, Ast-* und Wurzelpartien können unter zumeist noch sehr ungenügend bekannten Bedingungen durch starke Winterkälte, bzw. Spätfröste *bis auf das Kambium gehende Frostbeschädigungen lokaler Natur*

eintreten. Die abgestorbenen Rindenpartien überwallen ähnlich wie Quetschwunden nur schwierig und unvollkommen; erfrieren die besonders empfindlichen Wundränder in den folgenden Jahren wiederholt, so erhalten wir den „Frostkrebs", dessen Ueberwallungsränder sich wie bei jedem Holzkrebs, zur „wuchernden Holzgeschwulst" ausbilden, indem die parenchymatischen Elemente die prosenchymatischen überwiegen.

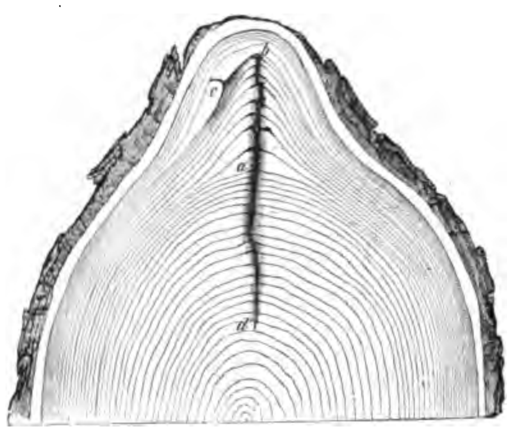


Abb. 127.
Frostriß in einem Eichenstämmchen, nach R. Hartig, ½ der natürl. Größe. Der Riß entstand in dem Winter, bevor der Jahrring a gebildet wurde und erstreckt sich von a bis d. Neun Jahre hinter einander ist der Spalt alljährlich neu aufgesprungen, so daß sich die Frostleiste a bis b bildete, welche in den letzten 5 Jahren nicht mehr aufgesprungen ist, aber bei c eine seitliche Verletzung erlitten hat.

§ 144. Ausschließlich auf sehr starke, plötzlich eintretende Winterkälte ist die Bildung der Frostrisse im Holz zurückzuführen, wobei die äußeren Jahrringe stark abgekühlt werden und das Imbibitionswasser der toten Gewebeelemente, der Holzfasern, Gefäße und Tracheiden ausfriert und Eiskristalle im Lumen dieser Gewebeelemente bildet, die der Zellwand aufsitzen und von der Basis aus wachsen. Die notwendige Folge davon ist ein Schwinden des Holzes, ähnlich wie beim Austrocknen. Da das Holz dabei in tangentialer Richtung ungefähr doppelt so viel Wasser verliert wie in radialer, müssen in den äußeren Stammpartien gewaltige Spannungen im Holze entstehen, die schließlich, meist unter Sprengung der Rinde, zu einem radialen Aufreißen des Stammes auf 1 bis einige Meter Länge führen, was mit flintenschußähnlichem Knalle erfolgt. Dieser „offene Frostriß" schließt sich bei steigender Temperatur wieder, wenn die Eiskristalle im Innern der Holzfasern usw. schmelzen und das Schmelzwasser von den Zellwänden wieder aufgenommen wird; die Wunde überwallt wulstförmig. In den folgenden Wintern wird das Ueberwallungsgewebe, falls es, nach einigen milden Wintern, an den Rändern verwachsen ist, schon bei geringer Kälte leicht wieder gesprengt, das Spiel wiederholt sich immer wieder und es kommt zur Bildung der bekannten „Frostleisten" am unteren Stammende. Bei der Weißtanne sind die Frostrisse nach Hartig oft nur kurz und überwallen dann bald ohne Frostleistenbildung (Abb. 128); hier und bei der Eiche (am Wurzelstock) treten nach dem gleichen Autor häufig auch innere

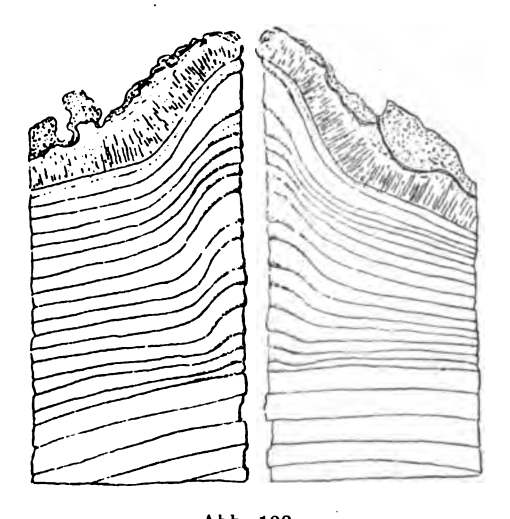


Abb. 128.
Offene Frostspalte einer alten Tanne, welche sich im Winter 1879/80 gebildet und seitdem in jedem Winter wieder geöffnet hat. In trockenem Zustande gezeichnet. — Nach R. Hartig.

Frostrisse auf, sowohl radiale wie periphere (konzentrische), bei denen der zähe Rindenkörper durch den Frostriß nicht gesprengt wird.

## VIII. Beschädigungen durch Hitze.

§ 145. Durch zu hohe Temperatur treten ganz ähnliche Schädigungen des lebenden Plasmas ein wie durch zu tiefe und der „Hitzetod" zertrümmert die Molekularstruktur des lebenden Plasmis ebenfalls in irreparabeler Weise. Außer dem beim Laubfall schon besprochenen „Hitzelaubfall" kommt hier für uns im wesentlichen der „Sonnen- oder Rindenbrand" in Frage, besonders bei glattrindigen, im Schlusse erwachsenen Bäumen nach Freistellung. Im Schlusse ist der in feuchterer Luft stehende Stamm durch das Kronendach des Waldes gegen direkte Besonnung geschützt. Nach Freistellung werden besonders Buchen (auch Fichten), auf der Südwestseite des unteren Stammteils, durch schwache Kork- resp. Borkebildung nur ungenügend geschützt, so stark durch direkte Sonnenbestrahlung erwärmt, daß die Rinde stellenweise bis auf das Kambium oder bis in dessen nächste Nähe abstirbt. Nach Art der Quetschwunden heilen derartige Verletzungen sehr schlecht und unvollkommen und wenn nach einer Reihe von Jahren die tote Rinde abfällt, treten große, tote, höchstens inselartig mit einzelnen lebenden Rindenstücken bedeckte Holzflächen zutage und derartige Stämme fallen rasch der Holzfäulnis anheim.

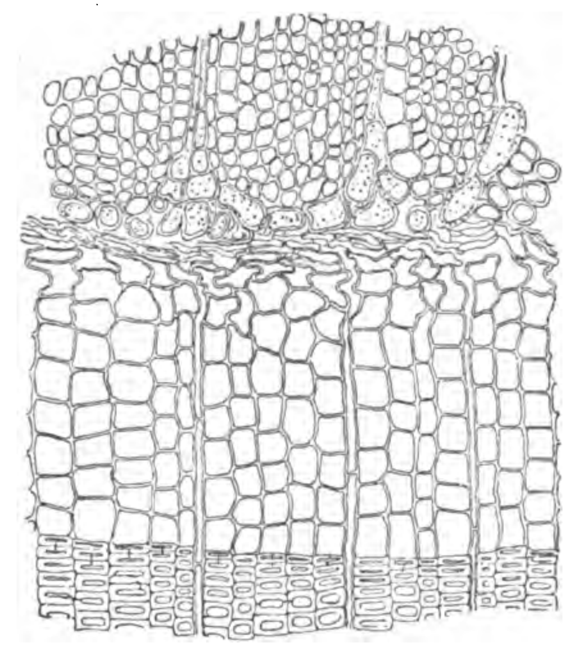


Abb. 129.
Querschnitt durch den Jahrring des Blitzjahres bei einer Fichte. Die unfertige Tracheidenschicht (das kambiale Jungholz) ist getötet. Vom Kambium aus hat sich zunächst Parenchym und dann kleinzelliges Holz gebildet. Vergr. 100. — Nach R. Hartig.

## IX. Blitzbeschädigungen.

§ 146. Die Wirkungen des Blitzschlags auf unsere Bäume sind ungemein verschieden; sie gehen nicht nur von der vollständigen Zerschmetterung eines Baumes und einem Zerreißen des Holzkörpers in zahllose, kleine und große, umhergeschleuderte Splitter bis zum verhältnismäßig harmlosen, am Stamm herablaufenden Längsriß der Rinde, sondern es treten daneben auch noch innere, besonders von Hartig (Lehrb. d. Baumk.) und v. Tubeuf (Zahlr. Aufsätze in der natw. Zeitsch. f. Forst- und Landw. seit 1903) studierte Blitzbeschädigungen auf. Die verschiedenen Ansichten über „die Blitzgefährdung der verschiedenen Baumarten" hat Stahl in einer gleichnamigen Schrift (Jena 1912) kritisch behandelt, mit dem Resultat, daß Bäume, deren Rinde schon bald nach Beginn eines Gewitterregens bis zu den Wurzeln herab naß wird, wobei die Wasserhülle nicht einmal rings herum geschlossen zu sein braucht, leichter der Beschädigungsgefahr durch den Blitz entgehen, als

rauhrindige, lange trocken bleibende Holzarten, bei denen nicht in gleicher Weise für Ableitung des elektrischen Stromes gesorgt ist. Besonders blitzgefährdet sind geköpfte Bäume. Im Innern des Baumstamms wandert die Elektrizität besonders in den saftreichsten Geweben, von der Innenrinde bis zum Jungholz. Die Gipfeldürre der Nadelhölzer, besonders in hohen Gebirgslagen, führt v. Tubeuf auf innere Blitzbeschädigungen (durch verhältnismäßig schwache Ströme) zurück und er fand auch bei künstlich angeblitzten Fichten das gleiche anatomische Krankheitsbild wie bei den Fichten im Freien. Auf den toten Gipfel, dessen ganze Rinde abgestorben und gebräunt ist, folgt weiter unten eine Zone, in der nur Rindenteile außerhalb des Kambiums getötet werden, so daß das Kambium später noch junge Rinde (Bast) und Jungholz bilden konnte. Der Querschnitt ergibt

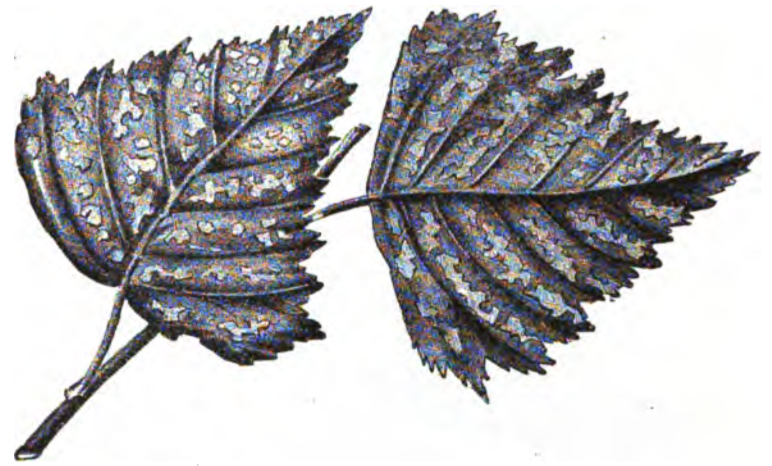


Abb. 130.
Birkenblätter, durch schweflige Säure beschädigt. — Nach v. Schröder und Reuß.

hier von innen nach außen: lebende Rinde, einen zusammenhängenden, braunen Ring, dessen Zellen meist getötet sind und außerhalb dieses Ringes die grüne, lebende Außenrinde und in dieser zahlreiche, von Wundkork eingekapselte Streifen toten Gewebes. Noch weiter unten war das stammumfassende, tote Rindenband in einzelne Streifen aufgelöst, zum Schlusse folgten nur noch von Kork eingekapselte, tote Rindenflecke und einige Meter unter der Baumspitze verlor sich jedes Krankheitszeichen. Diese von weißem Korkmantel umgebenen „Rindenaugen" werden als wichtigstes Unterscheidungsmerkmal gegenüber frostbeschädigten Nadelhölzern angegeben. Innere Blitzwunden (Abb. 129) bei Nadelhölzern haben, wie schon bei den Frostbeschädigungen erwähnt, oft auffallende Aehnlichkeiten mit Frostbeschädigungen; nur liegt dort die getötete Jungholzschicht bzw. das Parenchymholz stets nahe am alten Jahresring (am Spätholz), entsprechend der Zeit der Spätfrostbeschädigung.

## X. Rauchbeschädigungen.

§ 147. In der Nähe von Hüttenwerken (z. B. im Oberharz oder von Fabrikzentren, so z. B. im rheinisch-westfälischen Kohlenrevier), leiden benachbarte Waldungen mehr oder weniger stark unter dieser Nachbarschaft, besonders in der herr-

schenden Windrichtung. Es sind nicht die sichtbaren Bestandteile des Rauches, der Ruß, den der Laie verantwortlich zu machen geneigt ist, sondern die mitgeführten, giftigen Gase, vor allem die schweflige Säure, aber auch Salzsäure



Abb. 131.
Buchenblätter, durch Salzsäure- bzw. Chlordämpfe beschädigt. — Nach v. Schröder und Reuß.

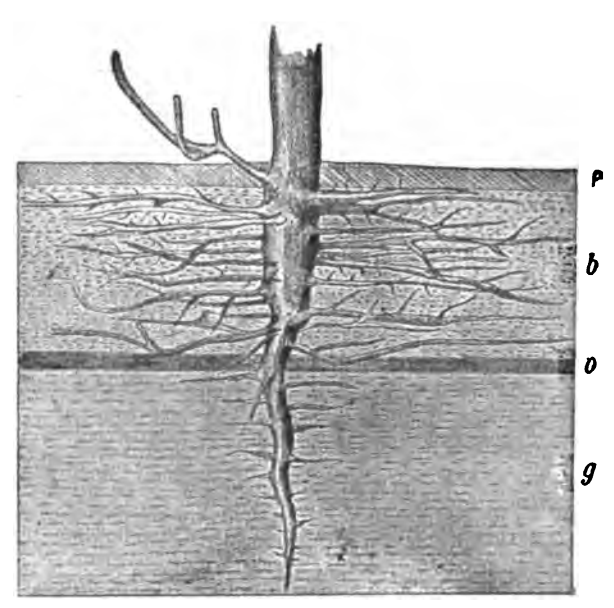



Abb. 132.
Eiche aus der Lüneburger Heide, nach Durchbrechung des Ortsteins gepflanzt. Die Ortsteinschicht hat sich später wieder geschlossen. r Rohhumus, b eine 20 cm mächtige Bleisandlage, o Ortstein, g gelber Sand. — Nach Gräbner.

Der von der Luftzufuhr jetzt nahezu abgeschlossene Wurzelteil unterhalb des Ortsteins stellte sein Wachstum nahezu ein, auch wurden keine Mykorrhizen mehr an ihm gebildet.

und andere Gase, die teils akute, meist aber chronische Vergiftungen des Laubes und der Nadeln hervorrufen und die selbst „unsichtbare" Schäden (Ramann) verursachen, letztere besonders an Fichtennadeln, dem wichtigsten Schädigungsobjekt. Durch oft wiederkehrende, schwache Einwirkungen von schwefliger Säure können merkbare Mengen von Schwefelsäure in der Nadel angehäuft

werden, ohne daß sich äußerliche Erkrankungsmerkmale zeigen. Die mikroskopische Untersuchung zeigt in solchen Fällen nach Sorauer in zahlreichen Nadeln des letzten Jahrestriebs den Chlorophyllapparat irritiert oder auch gänzlich zerstört. Wislicenus hat gezeigt, daß der Zeitpunkt, zu welchem die schweflige Säure aufgenommen wird, von erheblichem Einfluß auf den Schädigungsgrad ist, daß die Schädigung bei Tag größer ist als bei Nacht, zurzeit sommerlicher Vegetationstätigkeit größer als während der Winterruhe und daß die Säureaufnahme am schädlichsten ist während der Entfaltung der Nadeln.

Die praktische Rauchexpertise ist ein sehr schwieriges Kapitel und ihre Handhabung ist vielfach leider noch recht unsicher. Dazu kommt, daß die

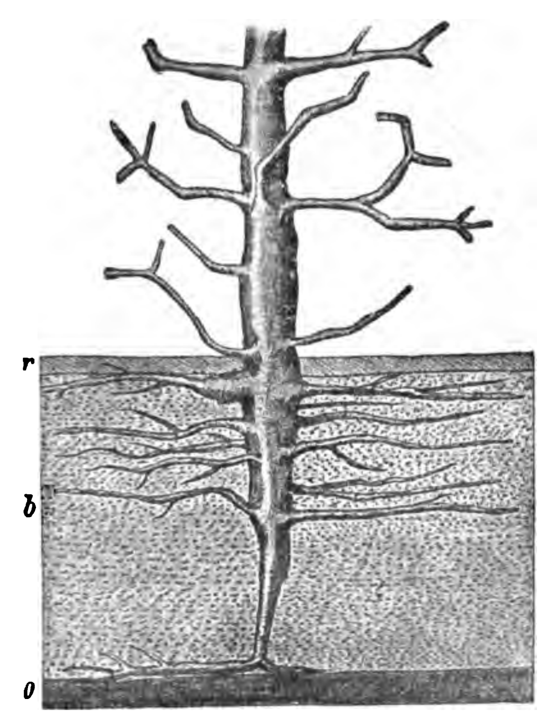



Abb. 133.
Ortsteinkiefer aus der Lüneburger Heide, nach Bildung des Ortsteins erwachsen. r Rohhumus, b. Bleisand, o Ortstein. Unterhalb des Ortsteins beginnt der gelbe Sand. — Nach Gräbner.

Die kräftigsten Wurzeln und längsten Wurzeln breiten sich im Rohhumus und dem nährstoffarmen Bleisand in geringer Entfernung von der Erdoberfläche und parallel zu ihr aus. Die Ortsteinschicht war nicht durchbrochen, die Pfahlwurzel biegt an ihr um und stellt ihr Wachstum bald ein. Das Bäumchen wurde kaum 1 m hoch und zuletzt gipfeldürr infolge des im Bleisand eicht hochgradig werdenden Wassermangels.

Empfindlichkeit der einzelnen Baumarten je nach Standort ganz verschieden ist. Bald ist die Fichte empfindlicher als die Tanne, bald umgekehrt; nach Schröter und Reuß soll die Eiche widerstandsfähiger als die Buche sein, im Rauchschadengebiet von Stolberg a. Rh. ist es nach Ramann gerade umgekehrt. Höherer Schwefelsäuregehalt eines gleichen Quantums kranker Nadeln oder Blätter gegenüber richtig gewähltem Vergleichsmaterial — Schattenblätter enthalten relativ mehr Schwefelsäure und Chlor als Lichtblätter — deutet auf solche Rauchbeschädigung. Die frühzeitige Rötung der Schließ-

zellen der Spaltöffnungen an sonst noch grünen Nadeln glaubte R. Hartig als gutes Kennzeichen beginnender Säurebeschädigung ansprechen zu dürfen: Sorauer hat aber neuerdings gezeigt, daß eine solche Rötung der Spaltöffnungen durch die verschiedensten Störungen veranlaßt werden kann, bei denen eine Nadel sich langsam unter Lichteinfluß auslebt. Als äußere, leidlich brauchbare Kennzeichen bei sonst genügenden Indizien gelten bei der Fichte Rötung der Nadeln, an der Spitze beginnend und auffallend rascher Nadelfall, bei den Laubhölzern scharf abgegrenzte, unregelmäßige, gelbbraun oder rotbraun gefärbte, vertrocknete Flecke zwischen den Seitenrippen ersten Grades als Zeichen für Vergiftung durch schweflige Säure (Abb. 130), ein ebenso gefärbter, vertrockneter Saum am ganzen Blatt für Salzsäure. (Abb. 131.) Im übrigen sei auf den Abschnitt Forstschutz verwiesen.

## XI. Sonstige Gefährdungen durch die anorganische Natur.

§ 148. Krankhafte Störungen des Baumlebens sind unvermeidlich, wenn irgend einer der Faktoren, die wir im § 27 als allgemeine Bedingungen des Baumlebens kennen gelernt haben, ungenügend funktioniert und Schlagworte wie Lichtmangel, Wärmemangel oder -Ueberschuß und ungewöhnliche Trockenheit, Wassermangel, wie Wasserüberschuß, insbesondere Ueberschwemmung, Nährstoffmangel und ungeeignete chemische, wie physikalische Beschaffenheit des Bodens, insbesondere Entkalkung, Versauerung, Ortsteinbildung und dgl., usw. usw. sprechen da Bände (siehe Forstschutz bzw. Waldbau).

# V.

# Forstzoologie.

Von

## A. Jacobi.

Für die 3. Auflage bearbeitet von Karl Eckstein[1]).

## Erster Teil.

## Allgemeine Zoologie.

### 1. Begriff und Einteilung.

§ 1. Die Zoologie[2]) ist die Wissenschaft, welche die Tiere zum Gegenstand ihrer Betrachtung macht (Tierkunde); sie begreift als solche in sich die Kenntnis vom äußeren und inneren Bau der Tiere, von ihren Lebenserscheinungen, von ihrer Stellung im Naturganzen und zu einander. Die zoologische Wissenschaft erfaßt ihren Gegenstand von verschiedenen Gesichtspunkten aus und zerfällt dementsprechend in Wissenszweige, die sich zu besonderen zoologischen Einzelwissenschaften im Laufe der Zeit ausgestaltet haben.

In der Formenlehre (Morphologie) werden die Einzelheiten des Körperbaues, die Organe und Organsysteme untersucht und durch die Reihen des Tierreiches hindurch in ihrer wechselnden Erscheinung verfolgt. Sie lehrt den verschiedenen Grad der Ausbildung einzelner Teile des Tierkörpers kennen und das Verwickelte verstehen, indem sie es aus einfachen Verhältnissen ableitet. Soweit sich

1) Dem ausdrücklichen Wunsche Stötzers entsprechend sollte der „Grundriß der Zoologie für Forstleute", wie ihn Jacobi als Ergänzungsband zu Loreys Handbuch bearbeitet hatte, in der Neuauflage nach seinem Inhalt derselbe bleiben. Diesem Wunsche ist Rechnung getragen worden. Nur ist der allgemeine Teil zugunsten des speziellen Teiles etwas gekürzt worden. Es wurde Wert darauf gelegt, auch in den Abschnitten, die nicht im eigentlichen Sinne „Forstzoologie" sind, die Tatsachen hervorzuheben, welche zum allgemeinen Verständnis des anatomischen Baues und des Lebens der forstlich beachtenswerten Tiere beitragen und die Beziehungen der gesamten Tierwelt zu Waldwirtschaft, Jagd und Fischerei beleuchten.

2) Boas, Lehrbuch der Zoologie, 6. Aufl. 1911. — Claus-Grobben, Lehrbuch der Zoologie, 2. Aufl. 1910. — O. Hertwig, Allgemeine Biologie, 3. Aufl. 1909. — O. Hertwig, Die Elemente der Entwicklungslehre des Menschen und der Wirbeltiere, 4. Aufl. 1910. — R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie, 9. Aufl. 1909. — Lang, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere, 3. Aufl. 1900. — Nüßlin, O., Leitfaden der Forstinsektenkunde 2. Aufl. 1913. — Eckstein, Forstliche Zoologie, 1897. — Hesse und Doflein, Tierbau und Tierleben I, 1910. — Judeich und Nitsche, Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde I, II, 1895. — Ziegler, Zoologisches Wörterbuch, 2. Aufl. 1911. — Jahresberichte über die Fortschritte im Gebiete des Forst-, Jagd- und Fischereiwesens in den jährlichen Supplementen zur Allg. Forst- und Jagdzeitung. — Rosenthal, Lehrbuch der allgemeinen Physiologie 1901. — Simroth, Abriß der Biologie der Tiere, 2. Aufl. 1907. — Wiedersheim, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, 7. Aufl. 1909.

diese Tätigkeit auch auf die inneren, erst nach kunstgerechter anatomischer Zergliederung wahrnehmbaren Teile erstreckt, wird sie zur Zootomie, und wenn besonderer Wert auf die Gegenüberstellung der Befunde gelegt wird, zur „vergleichenden Anatomie“; ebenso ist die Lehre von den Geweben (Histologie) ein besonderer Teil der Morphologie. Wenn nicht die Bauverhältnisse des ausgebildeten Tieres, sondern die seiner vorhergehenden Entwicklungszustände festgestellt und für alle Tierformen in gegenseitige Beziehung gebracht werden, bildet sich die Morphologie zur „vergleichenden Entwicklungsgeschichte“ (Ontogenie, Embryologie) aus. Ebenso ist die Versteinerungskunde (Paläontologie) ein Teil der Morphologie, da sie sich in sinngemäßer Anwendung mit den versteinerten Organen ausgestorbener Organismen befaßt. Das Endziel aller morphologischen Arbeit ist, unabhängig von der Betrachtungsweise im einzelnen, die Feststellung der natürlichen Verwandtschaft innerhalb der zahllosen Tierformen. Der Erreichung dieses Zieles widmet sich die

Systematik. Ihre Aufgabe ist einerseits die ins einzelne gehende Kenntnis von dem gesamten Körperbau möglichst vieler Tierarten und sichere Unterscheidung, andererseits die Aufklärung des natürlichen, verwandtschaftlichen Zusammenhanges derselben. Sie lehrt die Ergebnisse der vergleichenden Morphologie im weitesten Sinne für die Erkenntnis des ganzen körperlichen und zeitlichen Werdens des großen Tierstammes verwerten und führt zu einer Gruppierung seiner Einzelformen in einem Uebersichtsbilde, einem System. Eigentliches Ziel der zoologischen Systematik ist es also, die Stammesgeschichte (Phylogenie) der Tiere zu durchschauen, die sich in ihren jüngeren höher organisierten Formen aus älteren und einfacheren entwickelt haben.

Die Physiologie sucht durch planmäßige Versuche die Lebenserscheinungen der Organismen und besonders die physikalisch-chemischen Bedingungen klarzulegen, unter denen jedes Organ das Fortbestehen des Einzelwesens bewirken hilft.

Die Oecologie (Biologie) lehrt, was wir von den äußeren Daseinsbedingungen der Tiere, ihrer besonderen Abhängigkeit von anderen Tieren, Pflanzen, Klima, Boden usw. wissen, und gibt Kunde von deren Einfluß auf Bau und Lebensweise.

Von der Tiergeographie (Zoogeographie) wird die Verbreitung einzelner Tierarten wie größerer, verwandtschaftlich zusammengehöriger Gruppen auf dem Festen und im Wasser, nach ihrem Vorkommen in den verschiedenen klimatischen Zonen und Höhenlagen, sowie auf den verschiedenartigen Bodenformationen untersucht; auf Grund der gewonnenen Erfahrungen erforscht jener Wissenszweig die Bedingungen, durch die sich die Tatsachen der Verbreitung regeln, also ihre Abhängigkeit von der Gliederung und physischen Beschaffenheit der Erdoberfläche und den Zuständen ihrer Luft- und Wasserhülle in der Gegenwart wie in der geologischen Vergangenheit.

Die angewandte Zoologie endlich befaßt sich genauer nur mit denjenigen Tieren, welche einerseits in irgend einem Grade den Körper oder die Lebensverrichtungen oder die wirtschaftlichen Bestrebungen des Menschen zum Vorteil oder Nachteil beeinflussen oder andererseits mit Teilen ihres Körpers für ihn verwertbar sind. — Besondere Zweige der angewandten sind die landwirtschaftliche und die forstliche Zoologie; letztere lehrt den Körperbau und die Lebensweise aller der Tierarten kennen, welche für den Forstmann und Jäger von besonderem Interesse sind, insbesondere zu den forstlichen Kulturpflanzen in wirtschaftlich fühlbare Beziehungen treten oder Gegenstand der Jagdausübung sind.

## 2. Die Stellung der Tiere im Naturganzen und zum Menschen.

§ 2. Den anorganischen Naturkörpern, welche die Luft-, Wasser- und Gesteinsmasse unseres Planeten bilden, stehen Tiere und Pflanzen als Organismen gegenüber. Ihre charakteristische Eigenschaft ist das Leben.

Leben ist der Inbegriff der Erscheinungen und Tätigkeiten eines Organismus, welche seine Dauerfähigkeit bedingen. Der stetige Zerfall (Dissimilation) des Protoplasmas macht Kräfte frei, die in Lebensäußerungen des Organismus zum Ausdruck kommen. Die Neubildung des Protoplasmas geschieht durch Assimilation zugeführter Nährstoffe, wobei gleichzeitig Kräfte (Energie) gebunden werden. Diese beiden Lebensvorgänge (Dissimilation und Assimilation), die sich im Tier- und Pflanzenkörper abspielen, bezeichnet man als Stoffwechsel. Das Beharren in diesem Wechsel, das beständige Vergehen und Werden ist Leben. Die Lebensvorgänge vollziehen sich nach physikalischen und chemischen Gesetzen. Alle Organismen besitzen daher vitale, d. h. ihre Lebenskraft und Lebensfähigkeit zum Ausdruck bringende, Eigenschaften und zwar bezüglich

1. ihres Aufbaues und Wachstums: die aus halbflüssigen, zähen, z. T. festen Teile bestehenden Organismen wachsen nicht wie die Kristalle durch Anlagerung gewisser Stoffe von außen (Juxtapposition), sondern nur durch Aufnahme der Nährstoffe in das Innere des Körpers (Intussusception),

2. der Art ihrer Erhaltung. Die Organismen erhalten sich durch andauernden inneren Verbrauch von Materie und Ersatz des Verbrauchten durch Aufnahme von Stoffen aus der Umgebung (Stoffwechsel),

3. der Art ihrer Entstehung. Organismen entstehen immer durch Abstoßung eines wesensgleichen Teiles von einem bestehenden Organismus, d. h. durch elterliche Zeugung.

Die Lebenskraft eines Organismus ist nicht ewig dauernd. Die Neubildung des Protoplasmas hört ebenso auf, wie die wiederholte Erzeugung neuer Zellen durch Teilung. Die Zellen altern, der ganze Körper zeigt senile Degeneration und stirbt.

Das Tier nimmt, indem es Pflanzen oder andere Tiere verzehrt, organische Verbindungen auf, die es in seinem Körper mit Hilfe eingeatmeten Sauerstoffes zerspaltet; hierbei verbinden sich die Bestandteile der ersteren mit erheblichen Sauerstoffmengen; ein Teil der Spaltungsprodukte wird dem eigenen Körper assimiliert, ein anderer als Kohlendioxyd sowie als hochoxydierte Verbindungen in chemischem, als Exkrete in physiologischem Sinne nach außen abgegeben; daher ist der tierische Stoffwechsel ein Oxydationsprozeß. Bei ihm wird die von den Nährstoffen mitgeführte Spannkraft in lebendige Kraft, vor allem in Wärme und Bewegung, aber auch in Licht und Elektrizität umgewandelt.

Die organischen Nährstoffe erlangen die Tiere nur dadurch, daß sie entweder Pflanzen oder andere Tiere verzehren; da aber solche Tiere, welche anderen zur Nahrung dienen, selber meistens Pflanzenfresser sind, so geht die tierische Nahrung direkt oder indirekt in letzter Linie immer auf das Pflanzenreich zurück.

Nach ihrem Körperbau und ihren Lebensäußerungen lassen sich die Tiere im allgemeinen etwa in folgender Weise charakterisieren: Die Tiere sind Lebewesen, welche die Fähigkeit haben willkürliche Bewegungen auszuführen, und sei es auch nur, indem sie einzelne Körperteile gegeneinander verschieben. Durch Bewegungen geben sie auch ihr Verhalten gegen äußere Reize kund, woraus ebenso wie aus dem Vorhandensein besonderer Empfänger und Leitungsbahnen für Reize auf die Fähigkeit der Empfindung geschlossen werden muß. Seine meist feste, massige Nahrung muß das Tier in geschlossenen Hohlräumen auflösen, die der Raumersparnis halber



in seinem Innern angebracht sind; infolgedessen haben die Tiere einen im allgemeinen wenig gegliederten, gedrungenen Körperumriß. Die Vergrößerung der aufnehmenden Oberfläche geschieht durch Erweiterung innerer Hohlräume und Faltung ihrer Wände.

Demnach läßt sich der Begriff Tier folgendermaßen definieren: Das Tier ist ein frei und willkürlich beweglicher mit Empfindung begabter Organismus, welcher seine Organe im Innern seines Körpers durch Flächenentfaltung entwickelt, Sauerstoff durch die Atmung aufnimmt, organischer Nahrung bedarf, diese unter dem Einfluß von Oxydationsvorgängen im Stoffwechsel umsetzt, dabei Spannkräfte in lebende Kräfte verwandelt und Kohlensäure sowie Stickstoff enthaltende Zersetzungsprodukte ausscheidet.

Die Handlungen der Tiere werden durch zwei in ihm tätige Triebe ausgelöst: durch den Selbsterhaltungstrieb, der sich in der Nahrungsaufnahme und im Schutz gegen mannigfache äußere Einflüsse äußert, und durch den Fortpflanzungstrieb, der das Tier zwingt für die Erhaltung der Art zu sorgen. Beide sind stark; sie beruhen auf ererbten Anlagen und werden durch Erfahrungen des Individuums gesteigert. Infolge des Selbsterhaltungstriebs folgt jedes Individuum seinen persönlichen Empfindungen; oft finden sie sich zahlreich zu gemeinsamer Tätigkeit zusammen (Herdentiere). Der Fortpflanzungstrieb führt auch die einsam lebenden wenigstens zeitweise zusammen (Raubtiere). Aber auch die Individuen verschiedener Arten und Tiergruppen treten oft in Wechselbeziehungen zueinander. Diese sind sehr mannigfach. Manche Tiere treten in Nahrungs- und Wohnungskonkurrenz (Reh, Rotwild); andere einigen sich zu gemeinschaftlichem Leben, ohne in direkte Abhängigkeit zu treten (Gazellen, Zebra), diese macht sich bemerkbar bei Comensalen (Sperling, Pferd) und in gesteigertem Maße bei Inquilinen (Sperlinge im Storchnest, Cetonien im Ameisenhaufen), Parasiten oder Schmarotzern, die bei andern Tieren Nahrung und Wohnung finden (Hund, Floh) und bei der in verschiedenem Grade ausgebildeten Symbiose (Einsiedlerkrebs, Aktinie). Bei Tieren derselben Art kommt Nahrungskonkurrenz unter Umständen und ausnahmsweise vor (Nonne bei Kahlfraß).

Wechselbeziehungen eigener Art treten ein, wenn Insekten verschiedener Art sich an derselben Stelle entwickeln (wurzelbrütende Hylesinen und Hylobius abietis; Ips typographus und Tetropium castaneum (luridum), Myelophilus piniperda und Acanthocinus aedilis), von welchen der zeitlich früher als Larve entwickelte dem andern die Nahrung entzieht.

Die Wechselbeziehungen zwischen Tieren und Pflanzen sind weitgehend [1]). Blütenbesuchende Insekten wirken befruchtend; andere Tiere verschleppen Samen (Nußhäher und Arve, Häher und Eiche, Drossel und Mistel), manche Tiere züchten Pflanzen (pilzzüchtende Ameisen und Borkenkäfer); viele Tiere verzehren Pflanzen oder Pflanzenteile (Wiederkäuer, Insekten), wodurch sie einerseits zerstörend, andererseits fördernd wirken, letzteres, indem sie den übrig bleibenden Pflanzen bessere Existenzmöglichkeit geben.

Alle Tiere leben neben mehr oder minder zahlreichen Individuen derselben oder anderer Arten, in verschiedenster Mannigfaltigkeit; die Arten existieren neben einander, keine wird von ihren Feinden oder Konkurrenten ausgerottet. Es besteht auf enger oder weiter begrenztem Gebiet eine Gemeinschaft der Lebewesen. Dieselbe erfüllt die Bedürfnisse aller ihrer Glieder; sie gewährt ihnen Raum, Schutz

1) Eckstein, Der Kampf zwischen Mensch und Tier, 2. Aufl. Leipzig. — Eckstein, Tiere als Feinde der Kultur und Technische Verwertung der Tierprodukte in Krämer, Der Mensch und die Erde, Bd. 1 u. 2. — Rörig, Wild, Jagd und Bodenkultur, Neudamm 1912.



sowie die Möglichkeit der Fortpflanzung und gewährleistet dadurch ihren eigenen Fortbestand. In dieser Lebensgemeinschaft tobt unausgesetzt der Kampf ums Dasein. Er zeigt die Abhängigkeit der einzelnen gleichartigen oder ungleichartigen Glieder der Lebensgemeinschaft voneinander. Labiles Gleichgewicht herrscht in derselben. Sie schwankt aus einer Ruhelage in die andere, um über kurz oder lang in die erste zurückzukehren. Selbst größere Umwälzungen werden im Laufe der Zeit ausgeglichen. Raupenkalamitäten erlöschen, an Stelle des zerstörten Waldes entsteht ein neuer Bestand im Urwald auch ohne Zutun des Menschen. Mit dem Eintritt des letzteren in die Lebensgemeinschaft tritt ein Umschwung ein. Die Kultur zerstört vorhandene Lebensgemeinschaften, neue, anders geartete treten an ihre Stelle. Manche Tierarten verschwinden, andere passen sich an, bleiben, nehmen aber von nun ab vielleicht eine dominierendere Stellung ein. Dazu kommen die direkten zielbewußten Nachstellungen durch den Menschen (Pelztiere, Raubtiere, amerikanische Büffel, Wale). Vorteil bringende Tiere bezeichnet man als nützlich, die Bestrebungen des Menschen benachteiligende als schädlich. Dies ist nur bedingt richtig. Unbedingt schädlich sind die Parasiten des Menschen und seiner Nutztiere, sowie zahlreiche Gifttiere; bedingt schädlich die Raubtiere; sie können dem Menschen großen Schaden zufügen, sein Leben bedrohen, aber sie sind notwendig zur Erhaltung einer gesunden Lebensgemeinschaft, aus der sie die minderwertigen Exemplare der von ihnen verfolgten Tierart vernichten und dadurch die Vererbung guter Eigenschaften in der letzteren gewährleisten helfen. Nützlich nennt man die Tiere, in deren Lebenstätigkeit man eine Förderung der eigenen Interessen erblickt, während diese auch nur zur Erhaltung des biologischen Gleichgewichts in der Lebensgemeinschaft beitragen. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die Bedeutung der Parasiten forstlich schädlicher Tiere, zumal jene der Nonne und des Kiefernspinners, einzuschätzen. Unmittelbaren oder direkten Nutzen bringt eine Tierart dem Menschen, wenn sie ihm mit ihrem Körper oder dessen Erzeugnissen zur Nahrung und Kleidung dient, ihm Werkzeuge, Schmuck, Arznei, Farbstoffe liefert, oder wenn er ihre Kraft und Intelligenz ausnutzt (Pferd, Elephant, Hund); für mittelbar oder indirekt nützlich gelten andere Tierarten, welche ihm oder seinen Haustieren und Kulturpflanzen schädliche Lebewesen vermindern (Mäusebussard). Doch sind die Begriffe „nützlich" und „schädlich" relativ: die Schwarzamsel wird geschützt, sie zerstört jedoch die Bruten anderer Vögel und schädigt die Obsternte durch Befressen der reifen Früchte. Das Rotschwänzchen gilt als nützlich, aber es frißt Tachinen und Bienen. Die an Ausrottung grenzende Verfolgung der großen afrikanischen Katzen hat eine Zunahme der den Farmer schädigenden Wildschweine zur Folge. Die an Binnengewässern brütende Lachmöve ist fischereilich schädlich, landwirtschaftlich nützlich, ihrer Eier wegen steht sie unter dem Schutz der Jagdgesetze. Der im Walde nistende Fischadler holt seine Beute nur aus dem Wasser, er ist dem Forstmann gleichgültig, vom Teichwirt wird er verfolgt. Die Saatkrähe frißt große braune Rüsselkäfer wie auch Maikäfer, ebenso aber auch Getreide. Ein guter Rehstand, zahlreiche Hasen sind in Feld und Wald recht schädlich, die Gemeinde der geschädigten Einzelbesitzer erzielt aber eine hohe Jagdpacht. Der Fuchs frißt Mäuse, ist deshalb dem Land- und Forstwirt sehr nützlich, er holt Huhn und Gans vom einsamen Gehöft; in der Ueberzahl ist er jagdschädlich, jedoch des wertvollen Pelzes wegen gern gesehen, dabei trägt er zur Gesundheit des Hasenbestandes bei, da er vorwiegend von Parasiten befallene, sowie angeschossene oder kranke, deshalb geschwächte Hasen erbeuten kann. Unser wirtschaftliches Bestreben muß darauf gerichtet sein, die geschilderte Gleichgewichtslage zu erhalten, unter gleichzeitiger Berücksichtigung

der ästhetischen Bedeutung der Tiere. Man soll die Tiere schützen, daß sie nicht „Naturdenkmäler“ [1]) werden, und, wenn sie es bereits sind, soll man sie, selbst bei wirtschaftlichem Nachteil des einzelnen, als solche erhalten, wie z. B. die wenigen noch in deutschen Wäldern nistenden schwarzen Störche, die einzige in Deutschland vorhandene Kolonie des die Fischerei schädigenden Kormorans in Westpreußen.

### 3. Der Aufbau des Tierkörpers, die Tätigkeit seiner Teile.

§ 3. Die Zelle als Elementarorganismus. Die kleinsten Teile eines zusammengesetzten Tierkörpers, welche alle zum Leben notwendigen Fähigkeiten in sich vereinigen, heißen Zellen.

Das Leben der Zelle ist an eine Substanz gebunden, die ihre Hauptmasse ausmacht und Protoplasma heißt. Die wichtigsten chemischen Bestandteile des Protoplasmas sind Eiweißkörper (Proteine). Die Zusammensetzung des Protoplasmas ist nicht in allen Zellen gleich, sondern je nach deren besonderen Funktionen verschieden geartet, ebenso haben dieselben Zellen verschiedener Organismen sehr häufig besonders geartetes Protoplasma. Das Hämoglobin im Protoplasma des Blutes kristallisiert in verschiedenen Formen, welche für die einzelnen Tierspezies charakteristisch sind. Auch die Tatsache, daß Gifte auf verschiedene Tiere nicht dieselbe Wirkung haben, daß die Trichine vom Schweine, nicht aber vom Menschen unbeschadet seiner Gesundheit beherbergt wird, beruhen auf der verschiedenen chemischen Beschaffenheit des Zellprotoplasmas. Auch zeitweise kann das Protoplasma gewisser Zellen verschiedene Zusammensetzung besitzen. Zur Laichzeit ist der Rogen der Barbe giftig, sonst nicht.

Morphologisch unterscheidet man am Protoplasma der Zelle (Fig. 1) zwei wesentliche Bestandteile: den Zelleib oder das Protoplasma im engeren Sinne (Cytoplasma; Plasma) und den Zellkern (Nucleus).

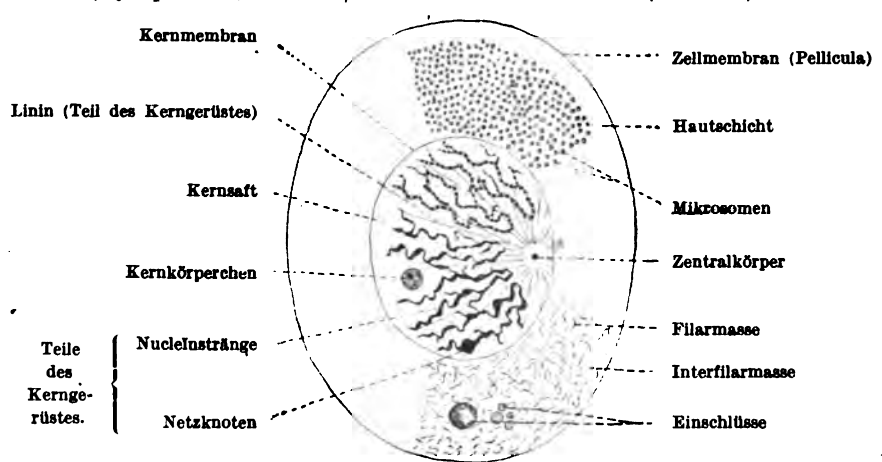



Fig. 1. Schema einer Zelle, Mikrosomen und Filarmasse nur zum Teil eingezeichnet. (Aus Stöhr.)

Die feinmaschige Filarmasse, die formlose Interfilarmasse, Zellsaft und eingelagerte Körnchen (Mikrosomen) sind die wichtigsten Teile des Protoplasmas.

Die Form des Zelleibes wechselt sehr; sie kann kugelförmig, polyedrisch, zylindrisch, abgeplattet, spindel- und faserartig ausgezogen und sternförmig sein; die Größe schwankt von mikroskopisch kleinen Gebilden — so die im Verbande des Tierkörpers bleibenden Zellen — bis fast zur Größe eines Straußeneies, denn der Dotter eines jeden Vogeleies ist eine einzige Zelle.

1) Conwentz, Beiträge zur Naturdenkmalpflege, Berlin, Gebr. Bornträger, seit 1907.



Der Zellkern oder Kern ist ein im Zellplasma scharf abgesetztes bläschenartiges Gebilde. Manche Zellen sind vielkernig (Cytoidea). Unter den morphologisch und chemisch voneinander verschiedenen Bestandteilen des Kerns seien das Kerngerüst oder Chromatin, in Form von Fäden, Bröckchen oder größeren Kugeln verteilt, und das Kernkörperchen oder der Nucleolus hervorgehoben. Die Größen der Zellen und ihrer Kerne stehen in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zu einander. Als besonderes Gebilde liegt an dem Kern ein sehr kleines Kügelchen, der Zentralkörper (Centrosoma).

Die Zelle kann alle Lebenserscheinungen der Organismen aufweisen: sie hat die Fähigkeit Nahrung aufzunehmen, zu verdauen, brauchbare Teile zu assimilieren, unbrauchbare auszuscheiden; sie ist der Bewegung fähig, sowohl innerhalb ihres Leibes durch gegenseitige Verschiebung seiner Plasmateilchen wie auch zum Zweck der Ortsveränderung; sie zeigt Reizbarkeit gegen äußere Einwirkungen (optische, thermische, elektrische, mechanische Reize), was sie in bestimmten Bewegungen, Absonderungen von Stoffen usw. kundgibt; die Zelle erfährt ein Wachstum durch Aufspeicherung von unverbrauchten Stoffwechselerzeugnissen; wenn das Wachstum ein gewisses Maß überschreitet, so erfolgt die Fortpflanzung, und schließlich stirbt die Zelle.

Die Fortpflanzung der Zelle beruht auf Teilung. Diese erstreckt sich auf den Kern und das Plasma und beginnt stets an dem ersteren. Die Teilung kann auf zweierlei Weisen geschehen. Die häufigste Art ist die Mitose oder Karyokinese, auch indirekte Zellteilung genannt, weil ihr tiefgreifende räumliche Verschiebungen im Kerne vorausgehen. Das Ergebnis der letzteren ist die Zerlegung des Chromatins in „Kernschleifen“, welche sich der Länge nach teilen. Die Teilstücke rücken derart auseinander, daß jede Schleife je zur Hälfte einer Gruppe angehört, worauf jede der beiden Schleifengruppen wieder zu einem Kern zusammenfließen (Fig. 2). Gleichzeitig schnürt eine äquatoriale Ringfurche allmählich die alte Zelle durch, so daß sie in zwei Zellen mit je einem Kerne zerfällt, womit die Teilung vollzogen ist. Die Zahl der Schleifen ist für jede Tierspezies eine ganz bestimmte und für die Vererbung von großer Bedeutung.

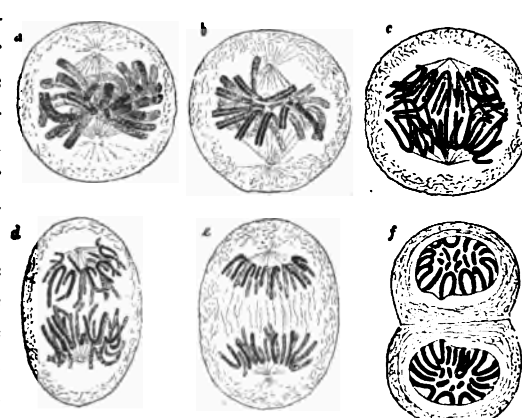


Fig. 2. Mitose. Erklärung im Text. (Nach Rabl.)

Die andere, seltnere Teilungsform heißt die amitotische oder direkte, weil sich der Kern ohne die verwickelten Vorbereitungen der Mitose einfach hantel- oder sanduhrförmig einschnürt und dann in zwei Hälften zerfällt, worin ihm der Zelleib folgt.

Der Tod einer Zelle tritt ein, wenn ihre Lebenstätigkeiten andauernd unterbunden werden, z. B. durch Gifte, Wasser- und Sauerstoffentziehung, oder, sobald ihre besondere Aufgabe erfüllt ist, z. B. bei Drüsenzellen die Absonderung. Das Absterben äußert sich in Trübung, Quellung, Zerfall des Plasmas oder Zerreißen der Zellhaut mit Austritt des Zelleibes.

§ 4. Die Zelle als Tier. Die vollkommene Fähigkeit der Zelle, sich als einfachster, elementarer Organismus vermöge ihres besonderen Baues selbständig

zu erhalten und auch fortzupflanzen, offenbart sich in dem Vorkommen zahlreicher einzelliger Tiere (Protozoen, Urtiere). Der Bau dieser einfachsten Tiere weist jedoch schon Besonderheiten auf, die zu den verschiedenen Lebensverrichtungen in zweckentsprechender Beziehung stehen, so daß die Gliederung des Protoplasmas einen höheren Grad erreicht, als er je an den Zellen der mehrzelligen höheren Tiere (Metazoen) beobachtet wird. Solche besonderen Zwecken dienenden Teile des Zelleibes der Protozoen heißen Organellen im Anklang an die entsprechenden Zellverbände höherer Tiere, die Organe.

Vom Wesen der Einzelligen möge die Gestalt und die Lebensweise der Amöbe einen Begriff liefern (Fig. 3). Ihr Zelleib besteht aus einem zähflüssigen Protoplasma, das in eine oberflächliche, dünne Schicht, das Exoplasma, und das in ihr eingeschlossene Endoplasma gesondert ist. Jenes ist stärker lichtbrechend, zähflüssiger und klar, dieses dünnflüssiger und erscheint durch viele kleine Körner trübe, auch enthält es vielfach Einschüsse: Nahrungsteilchen, Stoffwechselprodukte, wie Fett, Oel, Flüssigkeitstropfen usw. Bei Betätigung ihrer Lebensfunktionen streckt die Amöbe Fortsätze ihres Körpers (Scheinfüßchen oder Pseudopodien) aus, deren ungefähre Zahl und Form nach den Arten verschieden ist. Bald sind sie kurz, plump, fingerförmig, bald lang, dünn und schlank (Fig. 3) ebenso können sie wieder eingezogen werden. Geschieht das Aussenden der Pseudopodien fortgesetzt nach einer Richtung, und schiebt sich die übrige Körpermasse nach, dann bewegt sich das Tier von der Stelle, es kriecht, indem es sich vorwärts wälzt, wobei im inneren des Protoplasmas Strömungen stattfinden („amoeboide Bewegung"). Im Endoplasma liegt der meist einfache Kern und — der Oberfläche genähert — eine Organelle, die kontraktile oder pulsierende Vakuole. Als ein mit Wasser, das Exkrete gelöst enthält, gefüllter Hohlraum wird sie durch das Zusammenrinnen vieler kleiner Tröpfchen gebildet, um ihren Inhalt zeitweise nach außen ruckartig zu entleeren. Die Nahrungsaufnahme geschieht dadurch, daß ein Fremdkörper von den Pseudopodien umflossen oder in den Körper hineingezogen wird. Wenn diese Fremdkörper der Amöbe als Nahrung dienen können, z. B. Bakterien, mikroskopisch kleine Algen, Aufgußtierchen usw., so werden sie der Verdauung unterworfen, indem sich um sie im Endoplasma Nahrungsvakuolen bilden, d. h. wassergefüllte Hohlräume, in die sich vom umgebenden Plasma her verdauende Säuren und Fermente abscheiden. Nach Assimilation der verwertbaren Stoffe werden die meist zerfallenen und verfärbten Reste als Kot ausgestoßen, d. h. die Amöbe fließt ebenso von den Resten der Nahrung wieder weg, wie sie dieselben umflossen hatte. Auch Reizbarkeit zeigt die Amöbe, da sie sich gegen mechanische, elektrische, chemische Reize, gegen Licht, Wärme, Wechsel der Feuchtigkeit verschieden verhält. Die Fortpflanzung geschieht durch Zerlegung in zwei gleichartige Teile bei amitotischer Teilung. Unter Umständen teilt sich auch der Kern der Amöbe in zahlreiche kleinere Teilstücke, um deren jedes sich ein Teil des Protoplasmas lagert, worauf die Amöbe in entsprechend zahlreiche Individuen zerfällt. Diese Zerfallteilung ist mit einer vorausgehenden Einkapselung (Enzystierung)

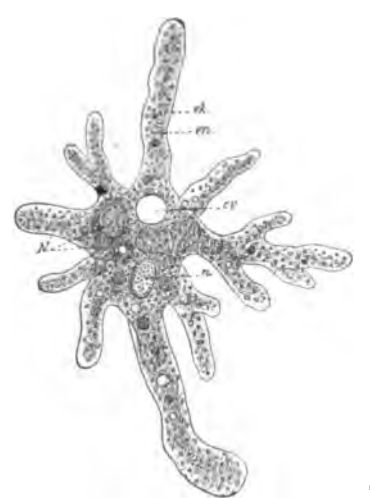


Fig. 3. Amoeba proteus. ck Exoplasma, en Endoplasma, n Nahrungskörper, cv kontraktile Vakuole, n Kern (nach Leidy aus R. Hertwig).

durch Ausscheidung einer kugelförmigen festen Zystenwand verbunden. Auch andere Protozoen zeigen diesen Vorgang (Sporulation); die Teilstücke haben oft Geißeln und heißen Schwärmsporen. Meist sind die Teilstücke, wie bei der Teilung der Amöbe, gleich groß; es können sich aber auch kleine Stücke als Knospen bilden und loslösen.

Eine andere Art der Fortpflanzung besteht darin, daß die durch Teilung entstandenen Individuen (Gameten) gleicher Beschaffenheit sich aneinander legen, enzystieren und miteinander verschmelzen. Das aus zwei Individuen entstandene neue Lebewesen teilt sich darauf mitotisch. Diese Form der Fortpflanzung ist eine gamogenetische und heißt Isogamie. Wenn dagegen zwei Individuen derselben Spezies durch Teilung das eine in wenige große (Makrogameten), das andere in zahlreichere kleine Teilstücke (Mikrogameten) zerfällt, geht ihre Vereinigung derart vor sich, daß die Mikrogameten ausschwärmen, sich mit je einem Makrogameten vereinigen, in ihn eindringen und mit ihm verschmelzen (Heterogamie), worauf Teilung eintritt. Diese Art der Fortpflanzung findet z. B. bei dem Erreger der Malaria statt.

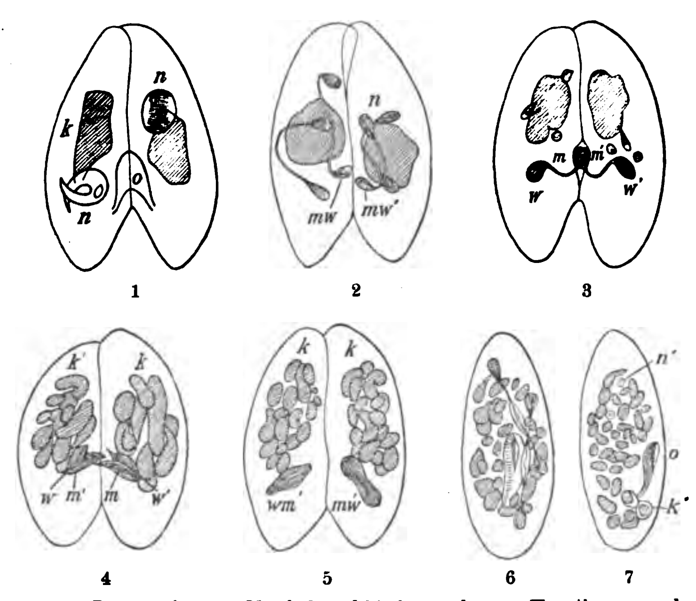



**Fig. 4.** Konjugation von Paramaecium. o Mund, k und k' alter und neuer Hauptkern, n und n' alter und neuer Nebenkern, m, m' männlicher Wanderkern, w, w' weiblicher stationärer Kern. 1, 2 Teilung der Nebenkerne, 3 Rückbildung der Teilstücke bis auf eins, das in m-w, bez. m'-w' zerfällt. 4,5 Austausch der Wanderkerne und ihre Kopulation mit den fremden stationären Kernen, während der Hauptkern zerfällt. 6, 7 die Paarlinge trennen sich wieder und liefern die neuen Kerne k' und n' (nach R. Hertwig aus Goette).

Bei Wimperinfusorien tritt die Heterogamie in Form der Konjugation auf, bei welcher die Mikrogameten nicht ausschwärmen, sondern von zwei sich aneinander legenden (konjugierenden) Individuen ausgetauscht werden.

Wenn zwei Pantoffeltierchen konjugieren (Fig. 4), so legen sie sich als Paarlinge Mund gegen Mund aneinander; ihre Kleinkerne (Neben-, Geschlechtskerne) teilen sich wiederholt mitotisch, doch werden die Erzeugnisse wieder bis auf je einen, gerade beim Munde liegenden, aufgelöst. Letzterer teilt sich nochmals, worauf das eine Teilstück, der männliche Kern oder Wanderkern (Mikrogamet) durch die Mundöffnungen in den anderen Paarling hinüberwandert, während das andere Teilstück, der weibliche oder stationäre Kern (Makrogamet), ins Plasma hineinrückt. Sodann verschmilzt in jedem Individuum der eingedrungene Wander-

kern mit dem stationären zu einem neuen Mikronucleus, der dann konjugierter Kern oder Frischkern heißt, womit die Konjugation vollzogen ist. Danach trennen sich die Paarlinge voneinander, worauf in jedem eine Erneuerung des (vegetativen) Haupt- oder Großkerns derart vor sich geht, daß der alte Großkern zerfällt und seine Reste sich im Protoplasma auflösen, während der Frischkern durch eine umständliche Teilung in einen neuen Makro- und Mikronucleus zerfällt.

§ 5. Die Grundformen des tierischen Baues. Die Architektonik des Tierkörpers läßt verschiedene Grundformen seines Baues erkennen.

1. Die radiäre Grundform. Die danach benannten Radiärtiere besitzen mindestens einen Hauptdurchmesser, um den herum die Organe strahlenförmig auseinandergehend in regelmäßiger Anordnung liegen, so daß der Körper in kongruente Teilstücke (Strahlsegmente, Antimere) zerfällt. Wenn jeder beliebige Durchmesser diese Eigentümlichkeit hat, muß das Tier Kugelgestalt besitzen. Verläuft durch den Mittelpunkt eines Radiärtieres eine einzige Achse, die zwei ungleichartige Pole verbindet und lassen sich senkrecht zu dieser heteropolen Hauptachse beliebig viele untereinander gleichartige Nebenachsen ziehen, so teilt jede Ebene, welche die Hauptachse und eine Nebenachse schneidet, den Tierkörper in kongruente Hälften (Fig. 5).

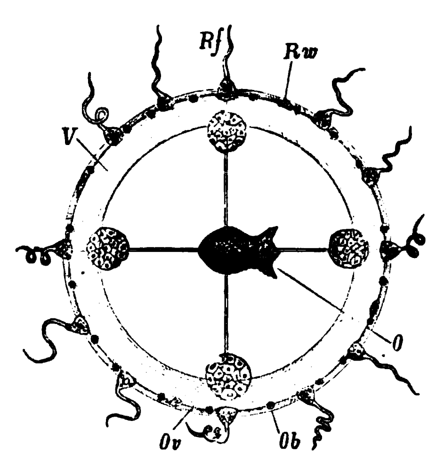


Fig. 5. Eine Hydroidqualle, vierstrahlig-radiär gebaut, vom Mundpole aus dargestellt. V Segel, O Mund, Ov Eierstöcke in den Radien, Ob Statozysten, Rf Randfäden, Rw Randwülste (a. Claus-Grobben).

2. Die bilaterale oder zweiseitig-symmetrische Grundform. Vorder- und Hinterende, Rücken- und Bauchseite des Tierkörpers sind verschieden, so daß auf der Längsachse, die ungleiche Pole verbindet, eine ebensolche Höhenachse und eine gleichpolige Querachse senkrecht stehen. Daher läßt sich der Körper eines Bilateraltieres niemals in kongruente Strahlsegmente zerlegen, sondern nur mittelst einer durch die Längs- und Höhenachse gelegten Ebene in zwei symmetrische Längshälften teilen, die sich spiegelbildlich gleichen (Fig. 6). Der Körper der bilateralen Ringelwürmer, Glieder- und Wirbeltiere ist in hintereinander liegende gleichartige Abschnitte mehr oder minder deutlich gegliedert, segmentiert. Die Segmente oder Metameren können abgesehen vom ersten und letzten Segment gleichartig (homonom, Tausendfüßer) oder abschnittsweise verschieden (heteronom) ausgebildet sein, in welchem Falle man, wie bei Insekten, die Abschnitte als Kopf, Brust und Hinterleib unterscheidet; die Segmentierung kann sich auf einzelne oder alle wichtigen Organe erstrecken.

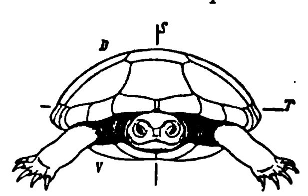


Fig. 6. Schildkröte, bilateralsymmetrisch, in der Richtung der Hauptachse von vorn gesehen. S Sagittalebene, T Transversalebene, D Dorsalseite, V Ventralseite (aus Claus-Grobben).

§ 6. Chemische Zusammensetzung des Tierkörpers. Der Tierkörper ist in seinen einzelnen Teilen aus chemischen Verbindungen mehr oder weniger zahlreicher Elemente (Natrium, Kalium, Schwefel, Phosphor, Eisen, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff) aufgebaut.

Neben diesen ist das Wasser unbedingt notwendig für das Leben. Auch der Körper der in der trockensten Umgebung lebenden Tiere (Mehlmilben) enthält

Wasser, dessen Gehalt bei anderen auf 95—99% steigern kann (Quallen, Salpen). Alle Teile des Tierkörpers, auch Muskeln und Knochen enthalten Wasser. Seine Gesamtmenge im menschlichen Körper beträgt 75%. Bezüglich seines Wassergehaltes ist der Tierkörper abhängig von dem Feuchtigkeitsgrad der Umgebung, weil eine Steigerung der letzteren die Wasserabgabe des Tieres erschwert oder verhindert, während der verminderte Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung eine größere Abgabe von Wasser aus dem Tierkörper nach sich zieht. Ein Feuersalamander schrumpft in trockner Umgebung in kurzer Zeit auf ¼ seines Volumens zusammen; wieder in Wasser gebracht, zeigt er bald die alte Körperfülle. Wenn die Abgabe von Wasser eine gewisse Grenze überschreitet tritt der Tod ein. Die unter feuchter Moosdecke liegenden Puppen (Spanner, Eule) sterben, wenn sie durch Streuharken bloßgelegt, Wasser an die Luft abgeben.

§ 7. Die Gewebe. Aus der Betrachtung des Körperbaues und der Lebensweise der einzelligen Tiere erhellt, daß in den einfachsten Fällen (Amöbe) alle Teile der Zelle in Bau und Funktion gleichartig und gleichwertig sind. Schon bei höheren Protozoen übernehmen die verschiedenen Teile des Zellkörpers auch verschiedene Funktionen im Leben des Tieres. Dies bedeutet, daß in dem Leben der Zelle eine Arbeitsteilung stattfindet, und daß besondere Stellen ähnlich den Organen höherer Tiere eine zweckentsprechende Umgestaltung erfahren haben. Es wird später nachzuweisen sein, wie bei mehrzelligen Tieren (Metazoen) aus der einfachen Eizelle durch Teilung derselben eine primitive mehrzellige Tierform, die Gastrula, entsteht. Ihre Zellen sind in zwei Schichten gelagert, welche als Ektoderm und Entoderm bezeichnet werden. Die erstere bildet die Körperoberfläche, die andere kleidet einen Körperhohlraum aus. Die aus den gleichartigen Zellenlagen der Gastrula durch fortgesetzte Teilung entstehenden Zellen nehmen in gruppenweiser Anordnung und in Anpassung an verschiedene physiologische Tätigkeiten auch verschiedene morphologische Eigenschaften an. Derartige Zellgruppen nennt man Gewebe. Die einzelnen Zellen der verschiedenen Gewebe sind unter sich gleich; meist stellen sie einen geschlossenen Verband dar durch enge Berührung und Verkittung oder durch Protoplasmafortsätze oder lockerer durch protoplasmatische Interzellularbrücken. Man unterscheidet: Epithelgewebe, Binde- oder Stützgewebe, Muskelgewebe, Nervengewebe. Dazu kommen: freie Zellen und Keim-(Genital)zellen. Außerdem kann der Tierkörper Zellen als Fremdkörper enthalten.

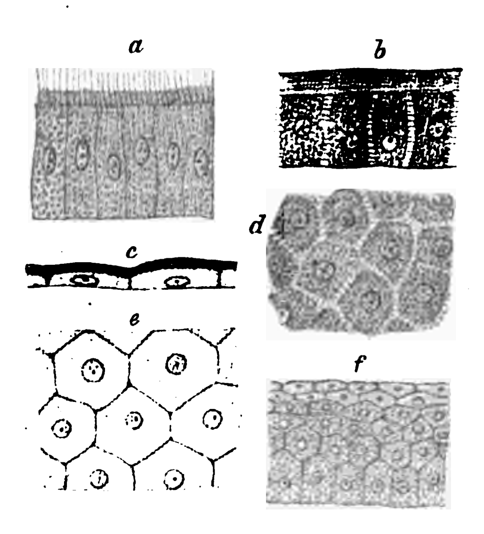


Fig. 7. Verschiedene Formen von Epithelien. a Wimperepithel, b Zylinderep. im Profil, c Plattenepithel, d von der Fläche, e von der Fläche (aus Lang).

§ 8. Epithelgewebe. Die zum Epithelgewebe zusammentretenden Zellen, Epithelzellen, sind scharf begrenzt. Nach der freien Oberfläche hin, scheiden sie eine stärkere Schicht (Cuticula) ab. Indem sie zu flächenhaften Lagen oder Membranen regelmäßig nebeneinandergelagert sind, stellen sie die Epithelien dar, die alle äußeren Oberflächen und inneren Hohlräume der Tiere überziehen, wobei

ein einfaches Zellenlager vorhanden (einschichtiges Epithel Fig. 7) oder mehrere Zellenlagen übereinandergeschichtet sein können (mehrschichtiges Epithel (Fig. 7 f). Der Zellform nach unterscheidet man: aus flachen Zellen gebildetes Plattenepithel (Fig. 7 c, e) und Zylinderepithel (Fig. 7 a, b, d) mit prismatischen Zellen. Im mehrschichtigen Epithel, z. B. der menschlichen Oberhaut, pflegt die Höhe der Zellen nach oben hin immer mehr abzunehmen (Fig. 7 f), wobei die obersten stark abgeflachten Lagen durch Verhornung absterben, allmählich abgestoßen und durch nachrückende tiefere ersetzt werden. Ein vielfach geschichtetes Plattenepithel kann besondere hornige Schutzgebilde wie Schuppen, Nägel, Haare, Federn erzeugen. Die freie Oberfläche der Epithelzellen ist häufig mit feinen beweglichen Flimmerhaaren (Wimpern, Zilien) oder einzelnen stärkeren Geißeln besetzt, so daß besondere Flimmer-, (Wimper-) und Geißelepithelien unterschieden werden können.

Drüsenzellen sind Epithelzellen, deren Plasma befähigt ist, entweder besondere für den Lebensvorgang nötige Flüssigkeiten (Sekrete oder Gase, Gasdrüse an der Schwimmblase der Fische) abzuscheiden, oder unbrauchbare Stoffwechselerzeugnisse (Exkrete) aus dem Körper zu entfernen. Die Hautdrüsen sondern Schleim, Fett, Gift usw. als Sekrete ab, die Darmdrüsensekrete führen ungelöste Nahrungsstoffe in gelöste, verdauliche Zustände über, die Schweißdrüsen andrerseits geben stickstoffhaltige Flüssigkeit, die Nieren Harn, als Exkret ab, während die Gasdrüse der Fische den Inhalt der Schwimmblase liefert. Vereinzelte Drüsenzellen stellen einzellige Drüsen dar, die wegen ihrer ausgebauchten Form auch Becherzellen heißen (Fig. 9); oft sind sie mit ihrem Zellkörper in die Tiefe unter das Epithel verlagert, so daß nur ein enger Ausführungsgang zwischen letzterem hindurchragt. Vielzellige Drüsen hingegen kommen durch Umbildung ganzer Epithelbezirke in Drüsen zustande, die sich dann meist unter das übrige Epithel als flaschenförmige Drüsensäckchen mit halsähnlichem Ausführungsgang einsenken. Zur Vermehrung der absondernden Fläche verästelt sich die vielzellige Drüse.

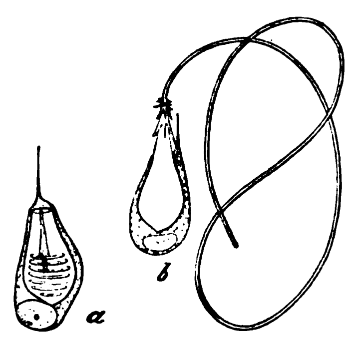
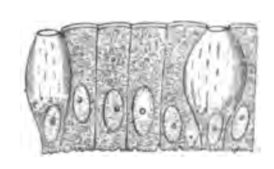


Fig. 8. Nesselkapselzellen von Hydra. a geschlossen, b gesprengt, mit ausgestülptem Faden (nach F. E. Schulze aus Claus-Grobben).

Eine besondere Art von Drüsenzellen sind die Nesselzellen niederer Wirbelloser, besonders der Knidarier. Diese enthalten eine mit Flüssigkeit gefüllte Kapsel, in der ein langer Faden aufgewickelt ist; auf einen Reiz hin wird der Faden herausgeschleudert und das Sekret entleert, das eine nesselnde, oft betäubende Wirkung hervorruft (Fig. 8).


Fig. 9. Becherzellen im Dickdarmepithel von Falco (nach F. E. Schulze aus Claus-Grobben).

§ 9. Bindegewebe. Das Binde- oder Stützgewebe hat den Zweck, die übrigen Gewebe und Organe zu umhüllen oder miteinander zu verbinden und solchen von nachgiebiger Beschaffenheit als Anlehnung, Stütze zu dienen, indem es sich selber zu festeren Strängen, Säulen, Platten verdichtet. Außer den eigentlichen Bindegeweben, welche sich häufig durch Fettablagerungen auszeichnen (Fettgewebe: Gans, Bindegewebe in den Muskeln des Mastviehes) gehören Knorpel und Knochen zu den Stützgeweben.

Das Knochengewebe besteht aus feinen, beim Kochen leimgebenden Bindegewebsfibrillen. Die Zellen dieses Bindegewebes (Knochenzellen, Knochenkörper-

chen) sind in die Grundsubstanz eingelagert und stehen durch Ausläufer miteinander in Verbindung. Das Knochengewebe zeigt eine schichtenweise konzentrische Anordnung parallel der Oberfläche sowie um die Blutgefäße und Nerven enthaltenden, sogenannten Havers'schen Kanäle (Fig. 10). Die Kittsubstanz des leimgebenden Bindegewebes verkalkt und gibt dadurch dem Knochen seine Festigkeit und Starrheit. Die durch Glühen des Knochens erhaltene Knochenerde besteht aus einem Gemenge von phosphorsaurem Kalk mit kohlensaurem Kalk, Fluorkalzium und Magnesia. Eine Abart des Knochengewebes ist das Zahnbein oder Dentin.

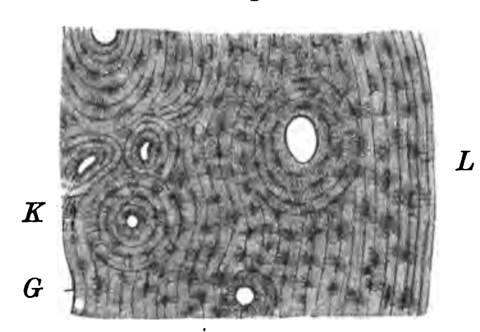
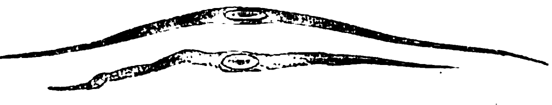


Fig. 10. Querschnitt durch einen Röhrenknochen. K Knochenkörperchen, G Gefäßkanälchen (Havers'sche Kanäle), L Lamellen (nach Kölliker aus Claus-Grobben).

Für sämtliche Abkömmlinge des Bindegewebes gilt die Tatsache, daß sie niemals die freie Körperoberfläche durchbrechen und mit dem umgebenden Medium in Berührung treten; geschieht dies dennoch auf irgend eine Weise, so sterben sie entweder ab — z. B. die knöchernen Geweihe der Hirsche nach Verlust ihrer Hautbedeckung — oder sie werden mit einer Epithelhülle versehen, so das Zahnbein mit dem Schmelz.

§ 10. Muskelgewebe. Das Muskelgewebe besteht aus Zellen deren Protoplasma in Faserbündel (Fibrillen) umgebildet ist. Diesen Fibrillen wohnt die Fähigkeit inne, sich auf den Reiz herantretender Nerven hin unter Verkürzung und gleichzeitiger Vergrößerung des Querschnittes zusammenzuziehen, sie sind kontraktil; nach Aufhören des Reizes strecken sich die Fibrillen wiederum zur vorigen Länge. Die gewöhnlich Muskelfasern genannten Muskelzellen (das „Fleisch" der Tiere) sind immer langgestreckt und treten als glatte und als quergestreifte Muskelfasern auf, zwei Formen, die sich im Bau und in der Wirkungsart wesentlich unterscheiden.

Glatte Fasern sind selten mehr als 0,5 mm lang, spindelförmig, aus einer einzigen Zelle entstanden; ihr Kern bleibt in langgestreckter Form erhalten, während ihr Plasma ganz oder bis auf einen geringen Rest in Fibrillen (kontraktile Substanz) umgewandelt ist (Fig. 11); diesen Fibrillen entsprechend weist die Oberfläche eine feine Längsstreifung auf. Die Zusammenziehung glatter Fasern erfolgt langsam und ist nicht dem Willen unterworfen. Daher sind die träge arbeitenden Muskeln des Darmes, der Blase, der Blutgefäße (mit Ausnahme des Herzens) und der Körperbedeckung bei den Wirbeltieren aus glatten Fasern gebildet. Die Wirbellosen haben mit Ausnahme der Gliederfüßler nur solche glatte Fasern.


Fig. 11. Zwei glatte Muskelfasern (aus Stöhr).

Auch die quergestreiften Muskelzellen bestehen aus Fibrillen, die meist beträchtlich länger sind als die glatten (bis 12 cm lang). Sie bestehen aus Schichten, die abwechselnd das Licht einfach oder doppelt brechen. Diese Schichtung bedingt eine deutliche Querstreifung der Muskelfaser. Die Fibrillen sind mittelst geschichtetem Protoplasmas (Sarkoplasma) zu einer ebenfalls regelmäßig gebänderten Muskelfaser verkittet. Die Vereinigung der Fibrillen zur Faser wird durch eine strukturlose Hülle, das Sarkolemm, bewirkt. Die quergestreiften Muskelzellen sind zu rascher, kräftiger, willkürlich her-

vorgerufener Verkürzung imstande (Bewegungsmuskeln der Wirbeltiere, ihre Augen- und Zungenmuskeln, Zwerchfell). Nur das Herz, ein quergestreifter, rasch arbeitender Muskel, ist dem Willen entzogen. Unter den Wirbellosen besitzen die Gliederfüßer ausschließlich quergestreifte Muskeln.

§ 11. Nervengewebe. Als Grundbestandteile des Nervengewebes müssen besonders ausgegliederte Zellen angesehen werden, die ursprünglich getrennte morphologische Einheiten zugleich mit physiologischer Selbständigkeit vorstellen; sie werden als Neurone bezeichnet. Ein Neuron (Fig. 12) besteht aus der Nervenzelle selber — hier Ganglienzelle genannt —, mindestens einer von ihr ausgehenden Nervenfaser (Achsezylinder, Axon) und deren Endbäumchen.

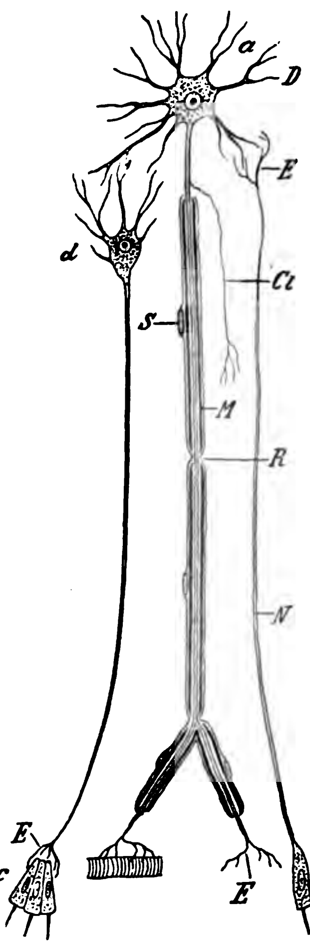



Fig. 12. Verschiedene Typen von Neuronen, schematisch, a eines motorischen Neurons, mit von Myelinscheide m und Schwannscher Scheide (S) umhülltem Axom, R Ranvierscher Schnürring, Cl Collaterale, D Dendriten, E Endbäumchen, b Sinnesnervenzelle (mit basalem Axon N), c drei Sinnesepithelzellen ohne Axone, werden vom Endbäumchen eines zentralen sensiblen Neurons (d) umsponnen.

Die Ganglienzelle hat Fortsätze, die sich gleich nach ihrem Austritte aus der Zelle in Dendriten verästeln. Der Achsenzylinder, ein besonders verlängerter Fortsatz, ist ein Strang von gleichmäßigem Querschnitt und aus Fibrillen zusammengesetzt, die ihren Ursprung aus der Ganglienzelle nehmen; bei den Wirbeltieren umgeben sich die Axone meistens mit besonderen Hüllen und zwar zunächst mit einer fettähnlichen Markscheide — deren Besitz die markhaltigen Fasern kennzeichnet — und um diese noch mit der feinen Schwannschen Scheide oder dem Neurilemm. Letztere ist aus Bindegewebszellen entstanden, deren Kerne öfters noch sichtbar bleiben. Die Nervenfasern der niedersten Wirbeltiere, der *Leptocardia* und *Cyclostomata*, sowie aller Wirbellosen werden, weil sie keine Markscheide führen, marklose genannt. Die Endbäumchen der Axonen treten wieder mit Neuronen oder mit anderen Gewebselementen, z. B. Muskel- und Epithelzellen in Verbindung.

Der Zellkörper der Nervenzellen nimmt die ihm zukommenden Reize auf oder entläßt solche, der Achsenzylinder samt seinen etwaigen Abzweigungen und die Dendriten dienen den Reizen als Leitungsbahnen. Die Leistungen dieser Teile werden vereinigt, indem sie zum Nervengewebe zusammentreten, und zwar bilden mehrere Ganglienzellen eine Ganglion, die Nervenfasern vereinigen sich zu Nervensträngen oder kurzweg Nerven. Beide unterscheiden sich je nach der Richtung des geleiteten Reizes als sensible, falls jener von den peripherischen Sinneszellen zum gangliosen Zentralorgan läuft, und als motorische, wenn Reize von letzterem zu den Muskeln hingeleitet werden.

§ 12. Freie Zellen. Im Tierkörper gibt es Zellen, die nicht zu einem festen Gewebsverbande zusammentreten, sondern jede für sich allein bestehen und ihrer Leistung obliegen. Die stark verästelten kontraktionsfähigen Pigmentzellen be-

dingen vielfach die äußere Färbung, ihre Veränderlichkeit den Farbenwechsel mancher Tiere, z. B. des Chamäleons, der Plattfische, der Tintenfische (Fig. 13).

Lymphzellen, Leukozyten — finden sich als freie, amöboide Zellen, in der Lymphe und im Blute der Wirbeltiere, sowie im Blute und in der Bauchhöhlenflüssigkeit mancher Wirbellosen. Die roten Blutkörperchen — rote Blutzellen oder Erythrozyten im Blute fast aller Wirbeltiere sind platte, kreisrunde oder ovale Scheiben, durch Hämoglobin rotgefärbt, die bei den Säugetieren im Laufe ihrer Entstehung kernlos werden.



Fig. 13. Pigmentzelle einer Molchlarve, n Kern (aus Götte).

§ 13. Keimzellen. Von allen bisher behandelten Zellgeweben unterscheiden sich die Keim-, (Geschlechts-, Genital-)zellen dadurch, daß sie nicht im Tierkörper bleiben und für ihn keinerlei Wirksamkeit übernehmen, vielmehr von diesem nach ihrer Hervorbringung ausgestoßen werden, um den Keim zu einem neuen Tierwesen zu legen. Sie gelangen wie die „freien Zellen" vielfach im erzeugenden Tierkörper zu unabhängiger Beweglichkeit.

Die männlichen Geschlechtszellen (Spermatozoen, Zoospermien), sind meist winzige, aber auch bis 2,3 mm lange Geißelzellen; sie gliedern sich in einen Kopf, und den durch ein Mittelstück anhängenden langen dünnen, geißelartig schwingenden Schwanz (Fig. 14).

Im Gegensatze zu den Spermatozoen sind die tierischen Eier große Zellen. Den typischen Bau der Zelle wiederholend besteht das Ei aus dem Protoplasma, hier Dotter oder genauer Bildungsdotter genannt, und dem Kern oder Keimbläschen (Fig. 15). Während jenes keinen wesentlichen Unterschied gegen anderes Zellplasma zeigt, tritt dieser durch bedeutende Größe und periphere Lagerung hervor, wobei man den ihm genäherten Bezirk des Eies als animalen Pol bezeichnet, dem der vegetative entgegengesetzt ist. Die oft sehr großen Kernkörperchen heißen Keimflecke. In den meisten Fällen sind dem Bildungsdotter noch umfangreiche Mengen von Nahrungsstoffen wie Fett und Eiweiße als Tröpfchen und Kristalloide beigegeben, die vom sich entwickelnden Ei aufgebraucht werden. Dieser dem vegetativen Eipole genäherte Nahrungsdotter oder das Deuteroplasma stellt gegenüber dem in lebhafte, aktive Zellteilung eintretenden Bildungsdotter einen passiven, dem allmählichen Verbrauch anheimfallenden Bestandteil dar, dessen größere oder geringere Menge zur Größe der Eier der verschiedenen Tierformen und ihrer Entwicklungsdauer in einem gewissen Verhältnis steht.


Fig. 14. Spermatozoon des Menschen (aus Götte).

Der Form nach sind die Eier meist kugelig oder „eiförmig", bei Insekten (Fig. 115) oft wurstförmig oder brotähnlich abgeplattet. Obwohl es nackte Eizellen gibt, sind die meisten doch von einer vom Dotter ausgeschiedenen Zellmembran, der Dotterhaut umhüllt, die sonstigen Hüllen, die vielfach an den Eiern von Insekten, Vögeln, Haien auftreten, sind keine Teile oder Bildungen der Eizelle, sondern Beigaben verschiedener Drüsen.

§ 14. Fremdkörper. Neben den vom Tierleibe erzeugten Geweben enthält oder trägt er öfters — einzeln und im Maße — Fremdkörper, die für den Lebensvorgang fast dieselbe Bedeutung erlangen können wie die körperlichen Gewebe und deshalb eine Erwähnung neben diesen verdienen. Solcher

Gebilde wie Sandkörner, härtere Trümmer von Tieren und Pflanzen bemächtigen sich wohl manche weichhäutige, langsame oder festsitzende Tiere, um sich ein schützendes Gehäuse daraus herzurichten (Köcherfliegen, Fig. 133, Blattlauslöwen, Larven einiger Netzflügler, welche sich mit den Häuten ihrer ausgesogenen Beutetiere bekleben (Fig. 128).



Fig. 15. Unreifes Ei aus einem Stachelhäuter (aus O. Hertwig).

Sogar lebende Pflanzen treten als Fremdkörper in engen Zusammenhang mit dem Tierleibe, wobei der eine wie der andere Teil von der Verbindung Vorteil hat. Im Zelleibe von Radiolarien und Infusorien, sowie im Ektoderm von Polypen (*Hydra*) und Strudelwürmern finden sich nämlich vielfach einzellige grüne oder gelbe Algen eingenistet, die von außen gelegentlich der Nahrungsaufnahme durch den Wirt aufgenommen wurden. Sie erhalten von ihm Kohlensäure, Mineralstoffe und Stickoxyde, um daraus organische Stoffe zu bereiten und Sauerstoff abzuspalten, der wieder jenem zugute kommen. Das sich hieraus ergebende Genossenschaftsverhältnis nennt man Symbiose.

§ 15. Die Organsysteme und ihre Funktion. Unter dem Einflusse der Arbeitsteilung treten gleichartig ausgebildete Zellen zu Geweben zusammen, die sich wieder zum Zwecke einer höheren physiologischen Verrichtung als Werkzeuge, Organe, vereinigen können. Organe sind daher solche Teile des Tierkörpers, welche ganz bestimmte Leistungen ausführen und zweckentsprechend eingerichtet sind. Selten nur besteht ein Organ nur aus einem einzigen Gewebe. In den aus mehreren Gewebsarten zusammengesetzten Organen pflegt eines der ersteren nach Masse und Wichtigkeit der Leistung hervorzutreten und dem Organ seine Eigenart zu verleihen, während die anderen Gewebe mehr sekundäre Bedeutung haben. Mehrere Organe von gleicher physiologischer Aufgabe bilden ein Organsystem.

§ 16. Organsystem der äußeren Haut, Integument. Die äußere Haut, das Integument, begrenzt den Tierkörper nach außen und begegnet den Einwirkungen der Außenwelt in einer für jenen günstigen Weise indem es die vorteilhaften entgegennimmt, die unangenehmen und schädlichen abweist. Die Körperhaut der Wirbellosen ist meist eine einschichtiges Epithelium, jene der Wirbeltiere besteht aus einer Oberhaut (Epidermis) und einer darunter gelegenen Lederhaut (Corium). Häufig scheidet das Epithel eine festere äußere Schicht ab welche als gleichmäßige Decke, Cuticula, zum Schutze oder zur Bedeckung des Körpers dient. Chitinbedeckung der Gliedertiere, Schildpatt der Schildkröten; manche zeigen durch Einlagerung von Kiesel- oder Kalksalzen besondere Härte: Hautpanzer der Krebse, Schale der Weichtiere. Die Epidermis der Wirbeltiere verhornt in ihren oberen Schichten und wird stückweise oder im Zusammenhange (Häutung der Schlangen) abgestoßen werden, während zum Ersatz dieses Verlustes die tiefere, weiche Schleimschicht (Stratum Malpighii) fortwährend in ihren oberen Schichten verhornt (Fig. 35). Letztere erzeugt außerdem besondere Horn- oder Epidermoidalgebilde, wie Schuppen, Federn, Haare, Stacheln, Nägel, Krallen, Hufe, Hörner. Aus Epithelzellen, die sich zu Drüsenzellen umwandelten, entstehen Hautdrüsen (Schweiß- und Talg-, sowie die aus diesen umgewandelten Milchdrüsen der Säuger, die Afterdrüsen der Marder und Stinkdrüsen der Wanzen, die Schleimdrüsen der Fische).

Die äußere Haut der Tiere ist mit wenigen Ausnahmen gefärbt, da Farbstoffe

entweder formlos oder in Pigmentzellen vereinigt als Pigmente im Epithel, in den Epidermoidalgebilden oder auch in der Cuticula abgelagert sind. Diese Farbstoffe rufen durch Absorption aller andersgefärbten Lichtstrahlen die ihnen eigene optische Wirkung hervor. Aus Interferenzerscheinungen auf besonders gestalteten, z. B. feingerippten Oberflächen beruhen die sogenannten Strukturfarben, jene lebhaften, oft metallglänzenden und schillernden Färbungen der Vögel und Insekten. Die Verteilung der einzelnen Farben auf dem Körper bedingt seine Zeichnung, man unterscheidet Erkennungs-, Schutz-, Trutz-, Schreckfarben, welche sich wesentlich im Kampf ums Dasein zum Vorteile ihrer Träger herausgebildet haben mögen; die Schutzzeichnung zeigt die feinste Anpassungen vieler Tierarten an ihre Umgebung und tritt als „schützende Nachäffung“ (Mimikry) sogar als Anlehnung an die Zeichnung andrer Arten auf.

§ 17. Skelett. Als Skelett werden die Hartgebilde des Tierkörpers bezeichnet, denen bei aller Mannigfaltigkeit das Merkmal der Festigkeit gemeinsam ist. Sie dienen, wenn sie aus Verhärtung des Integuments oder einzelner seiner Schichten entstanden sind, also Haut- oder Außenskelette darstellen, sowohl als Schutz wie als Stützorgan.

Im Gegensatze zum Hautskelett steht das Bindegewebsskelett als echtes Stützskelett das bei seiner Beschränkung auf das Körperinnere als „Innenskelett“ bei Wirbeltieren eine hohe Ausbildung erfährt. Die Gliederfüßer haben oft gräten- und plattenartige innere Skelettstücke, an die sich besondere Muskeln anheften (Fig. 16), welche aber nur innere Ausgliederungen des Hautskeletts darstellen.

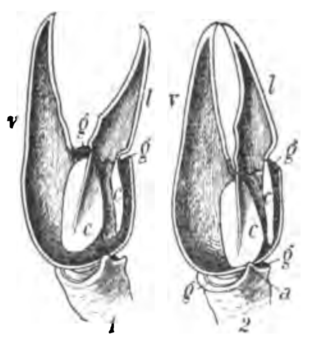


Fig. 16. Schere des Flußkrebses geöffnet (1) und geschlossen (2). a Gelenkangel, g Gelenkhaut, c Innenskelett, v vorletztes, l letztes Glied des Scherenbeines (aus Götte).

Wenn die Skeletteile zahlreich vorhanden und gegeneinander verschiebbar sind, so wird das Skelett, sei es ein Haut- oder ein Bindegewebeskelett wie bei Arthropoden und Vertebraten durch physiologische Beanspruchung zu einem Bewegungsskelett (lokomotiven Skelett). Das Bewegungsskelett erscheint zunächst in zahlreiche der Länge des Tieres nach aufeinander folgende Abschnitte, entsprechend den Segmenten (Arthropoden) oder Wirbeln (Vertebraten) gegliedert. Die einzelnen Skeletteile sind durch elastische Schaltstücke, wie Verbindungshäute, Bänder, Knorpelscheiben oder auf vollkommenerer Stufe durch wahre Gelenke, miteinander verbunden.

§ 18. Muskulatur. Die eigentlich wirksamen Bewegungsorgane der Metazoen sind — abgesehen von der Beteiligung flimmernden Integuments bei niederen Formen von geringer Körpergröße und bei Larven — ihre Muskeln. Die Muskeln lagern sich häufig der Innenseite des Integuments dicht an und bilden einen Hautmuskelschlauch. Dieser Schlauch setzt sich zusammen aus Längsmuskeln, quer verlaufenden Ringmuskeln und diagonal gekreuzten Schrägmuskeln. Bei den Würmern ist entsprechend ihrer zylindrischen Leibesform der Hautmuskelschlauch am gleichmäßigsten angelegt, bei den Weichtieren ist er auf die Bauchseite beschränkt, aber hier zu einer mächtigen Masse, dem sog. Fuße entwickelt (Fig. 243). Entsprechend der Segmentierung (äußeren Metamerie) des Arthropodenleibes ist der Muskelschlauch der Gliedertiere in zahlreiche segmentale Stränge gegliedert, die sich mit wenigstens einem Ende innen an die Hautsegmente anhef-

ten. Bei den Wirbeltieren läßt sich die segmentale Anordung der Rumpfmuskulatur an den Embryonen, ebenso am Amphioxus erkennen. Das Fleisch der Fische zerfällt beim Kochen in diese Muskelsegmente (Myomeren).

§ 19. Die Bewegung. Wenn man die Arten der Bewegung des Körpers und seiner Teile nach den benutzten Werkzeugen ordnet, so ergeben sich drei Formen.

a) Amöboide Bewegung. Sie ist häufig bei Protozoen; bei Metazoen meist nur an isolierten Zellen, z. B. an manchen Samenzellen, sowie Leucocythen und Lymphzellen wahrzunehmen.

b) Wimperbewegung. Sie wird herbeigeführt durch in regelmäßiger Folge schlagende Wimperhaare, die auf äußeren wie inneren Flächen des Körpers eine Strömung in der diesen bespülenden Flüssigkeit erzeugen. Nur bei kleinen schwimmenden Geschöpfen genügt die Wimperbewegung zum Schwimmen; bei höheren Tieren bewirkt sie den Gaswechsel, auch Nahrungszufuhr, Entfernung von Auswurfsstoffen und Fremdkörpern usw. Die freischwimmenden Larven vieler Tiere (Bandwürmer) besitzen Wimperhaare.

c) Die Muskelbewegung beruht auf der Zusammenziehung von Muskelfasern oder Gruppen von solchen, d. h. der Muskeln, auf einen Nervenreiz hin; ihre Leistung wächst mit dem zunehmenden Querschnitte des Muskels und äußert sich darin, daß je nach der Anheftung des letzteren das leichter bewegliche Ende nach dem anderen, fester fixierten hingezogen wird. Die drei oben genannten Schichten des Hautmuskelschlauches z. B. einer Larve wirken in der Weise, daß die Kontraktion der Längsfasern den Körper verkürzt, jene der Ringmuskeln ihn verlängert, während die Schrägmuskeln an verwickelteren Bewegungen beteiligt sind. Die Bewegungsmuskeln der Gliedmaßen werden als Beuger, Strecker oder Spanner und Dreher unterschieden. Die Beuger stellen Winkel zwischen Skelettstücken her, die Strecker heben solche auf, die Dreher bewirken eine Bewegung eines Stückes um seine eigene Längsachse.

Ortsbewegung. Die auf diesen Bewegungsarten beruhenden Leistungen kommen in der Bewegung einzelner Teile des ruhenden Körpers, ganz besonders aber in der Ortsbewegung zum Ausdruck. Sie bemessen sich in erster Linie nach dem Mittel, in dem jene stattfindet, demnächst nach der Größe des Tieres. Im Wasser wird der größte Teil der Körperlast von jenem getragen, weil das spezifische Gewicht der Tiere nur wenig größer als 1 ist, während auf dem Lande die ganze Last vom Tiere selbst getragen werden muß; beim Flug in der Luft fehlt jede feste Unterstützung, doch wirkt der Wind in derselben Weise auf den Vogelkörper wie etwa auf die Fläche eines steigenden Drachen. Mit Zunahme der Last wird eine immer größere Kraftleistung für der Bewegung verlangt, weil die Last im Kubus wächst, die Kraft nur im Quadrat. So sind denn auch kleinere Tiere verhältnismäßig stärker als große: der Hund zieht das 6—10 fache, das Pferd nur das 3fache seines Gewichts.

Die Bewegung im Wasser. Viele kleine Lebewesen schweben im Wasser. Hierzu sind ihnen teils Gasblasen und Oeltropfen im Körperinnern — zur Gewichtserniedrigung — teils allerlei Körperfortsätze wie Borsten, lange Beine etc. — zur Oberflächenvergrößerung — dienlich. Auf- und Absteigen im Wasser vermögen sie durch willkürliche Veränderung (Zusammenpressen der Gasblasen, Zusammenlegen der Borsten) dieser Hilfsmittel auszuführen. Im Gegensatze zu diesen nur auf ein Beharren zielenden Einrichtungen hat das aktive Schwimmen beabsichtigte Ortsveränderungen zum Zwecke. Es erscheint bald als Schlängeln durchs Wasser bei Würmern, Flunder, Aal und Fischotter, bald als Rudern mit Wimperhaaren (Infusorien, Rippenquallen) oder mit verschiedenartig gestalteten Gliedmaßen:



Niedere Krebse (Fig. 84) arbeiten mit ihren durch Borstenbesatz vergrößerten Fühlern, Wasserinsekten mit ebenso verbreiterten Hinterfüßen (Fig. 105), Fische und Wale mit dem durch eine Schwanzflosse erweiterten Hinterkörper, während bei vielen Krebsen, den Seeschildkröten, Robben (Fig. 359) und Schwimmvögeln (Fig. 318) die ursprünglich zum Laufen dienenden paarigen Gliedmassen zu Flossen umgebildet sind, was sich bei den Pinguinen (Fig. 325) sogar auf die Flügel erstreckt. Die Lummen rudern unter Wasser mit den Flügeln, während die Beine an den Schwanz angelegt nur zum Steuern dienen. Die Quallen, Tintenfische und gewisse Muscheln helfen sich durch ruckweises Auspressen des Wassers aus Mantel- und Kiemenhöhlen, sie schwimmen durch Rückstoß. Die Stachelhäuter bringen eine Ortsveränderung dadurch zustande, daß sie die Ambulakralfüßchen des Wassergefäßsystems abwechselnd strecken, anheften und wieder verkürzen. Die Egel können sich schlängeln oder spannerartig kriechen. Die aktiv in Folge kräftiger Bewegung im Wasser unabhängig von der Strömung schwimmende Tierwelt bezeichnet man als Nekton, die Gesamtheit der freischwebend im Wasser lebenden Organismen, welche von den Strömungen umhergetrieben werden, allerdings zum Teil auch einige Eigenbewegung besitzen, bilden das Plankton.

Die Bewegung auf dem Lande. Durch abwechselnde Verlängerung und Verkürzung in der beabsichtigten Bewegungsrichtung wird der schwere, auf dem Boden schleifende Körper der kriechenden Tiere vorwärts gezogen. Die kraftverzehrende Reibung wird vermindert, wenn wie von den Schnecken andauernd ein Schleimband zwischen der Kriechsohle ihres Fußes und der Unterlage aus gesondert wird, so daß sie leicht darüber hinweggleiten können. Ein Fortschritt wird erzielt durch Ausgliederung von Borsten und Fußstummeln, die als Stützpunkte dienen, wie sie die auf dem Boden der Gewässer kriechenden Ringelwürmer und die niedersten Gliederfüßer (*Peripatus*, Fig. 96) besitzen. Durch paarige Hebel, die echten Gliedmaßen der Arthropoden und Vertebraten, wird der Leib über den Boden gehoben, die Reibung auf ein Geringes beschränkt. Die Gliedmassen sind auf eifacher Stufe noch auf alle Metameren verteilt (Tausendfüßer), um sich dann immer mehr unter Abnahme der Zahl auf den Vorderleib zu beschränken; der Schwund geht von einigen dreißig Beinpaaren bei Krebsen auf vier Paar bei den Spinnentieren, drei bei Insekten und zwei Paar bei den Wirbeltieren zurück. Aber selbst von diesen verminderten Ausstattungen können Teile der Ortsbewegung entzogen und andern Zwecken, etwa dem Graben, dem Beutefang etc. nutzbar gemacht werden, wobei es fast immer das hinterste Beinpaar ist, das der ursprünglichen Bestimmung am längsten erhalten bleibt. Die Schnelligkeit der Bewegung wird durch lange Gliedmaßen gesteigert, die Reibung mit dem Boden ist vermindert, wenn nur noch das Extremitätenende diesen berührt; in seiner Entwicklung läßt sich dieser Vorgang sehr schön bei den Nagetieren an Wühl-, Wald- und Springmaus verfolgen.

Neben den Gliedmaßen kann der Schwanz benutzt werden zum Schwimmen (Krebse, Fische), als Stütze (Känguruh), Steuer (Eichhörnchen), Greif- oder Kletterschwanz (Chamäleon); oder es treten die beweglichen Rippen an die Stelle verlorener Extremitäten (Schlangen).

Zu längerer Bewegung in der Luft, zum Fluge, sind nur die Insekten, Fledermäuse und Vögel imstande, welche eigentliche Flugorgane, Flügel besitzen. Den Sprung durch die Luft fördern Fallschirme, die vereinzelt bei Fischen (Exocoetus, fächerartig umgestaltete Brustflossen), Reptilien (Flugdrache, Draco, mit einer von den verlängerten Rippen gestützten Flughaut) und Säugetieren (Flugbeutler, fliegendes Eichhorn) auftreten. Der in seiner Gestalt während des Fluges unver-

änderte Insektenflügel bewegt sich in Achterfiguren. Die Flügel der Fledermäuse werden beim Anheben zusammengelegt. Der Vogelflügel ist im ausgiebigen Schultergelenk durch kräftige Flugmuskeln beweglich. Seine Federn legen sich beim Niederschlag luftdicht aneinander, lassen beim Heben die Luft durchtreten. Der Niederschlag hebt den Vogelkörper und bewegt ihn rascher vorwärts, beim Hub verlangsamt sich die Geschwindigkeit des sinkenden Vogels. Die zum Fluge notwendige Anfangsgeschwindigkeit erlangen manche Vögel (Krähe) durch Anlauf; gegen den Wind erheben sie sich ohne solchen. Luftbewegung fördert den Flug und ermöglicht das Schweben und Kreisen. Fluggeschwindigkeit (Schwalbe 20 Sekundenmeter) und die Ausdauer sind groß. Die höchste Flughöhe beträgt etwa 3000 m.

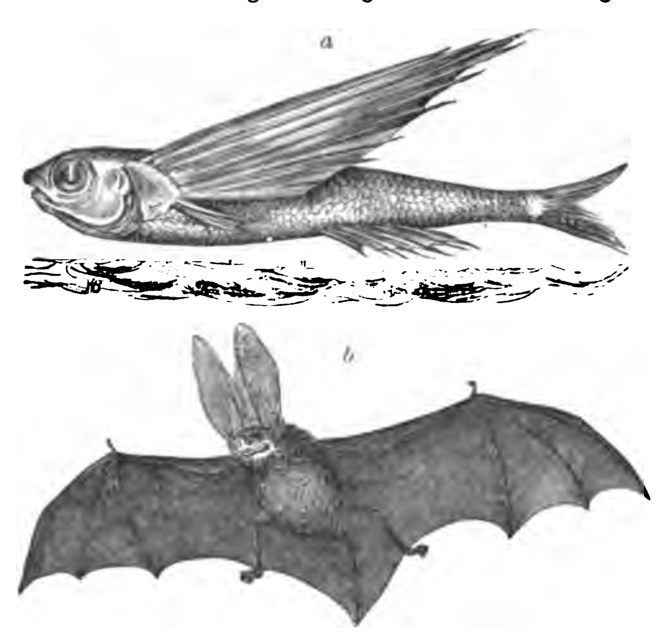



Fig. 17. a Fliegender Fisch (Exocoetus). b. Fledermaus (aus Semper).



Fig. 18. Flughörnchen (Sciuropterus volucella) (aus Kobelt).

Die elektrischen Organe. Sie sind aus quergestreiften Muskelfasern entstanden und kommen nur bei einigen Fischen vor, in stärkster Ausbildung beim Zitterrochen *(Torpedo)*, Zitteraal *(Gymnotus)* und Zitterwels *(Malapterurus)*. Die gallertartig aussehenden, sehr nervenreichen Organe bestehen aus Platten, die zu regelmäßigen Säulen übereinander geordnet sind. In jeder Platte wird auf Nervenerregungen hin wie in der Voltaschen Säule + und — Elektrizität entwickelt, die sich infolge gleicher Richtung der Platten an je einem Pole der Säulen anhäuft, so daß, wenn sich die Spannung bei Berührung beider Pole ausgleicht, eine elektrische Entladung stattfindet.

§ 20. Ernährungsorgane. Die zur Erhaltung des Stoffwechsels notwendige Nahrung muß das Tier dem Körper durch Einfuhr geeigneter Nahrung verschaffen. Doch ist diese in den allermeisten Fällen nicht ohne weiteres in den Kreislauf der Stoffe einführbar, sondern muß erst zweckentsprechend vorbereitet, nämlich mechanisch zerkleinert, gelöst und in gewissem Maße chemisch verändert werden. Dieser Vorgang, die Verdauung, geschieht in einem Hohlraume, dem Darmkanal.



Fig. 19. Skelett des Pterodactylus (aus Wossidlo).

Den Coelenteraten dient der einzige vorhandene Körperhohlraum, die Leibeshöhle, auch als Ernährungsorgan. Die übrigen Tiere besitzen einen vom Mund zum After führenden Darmkanal. In manchen Fällen ist der Darm blind geschlossen (Larven der Bienen, Leberegel u. a. Fig. 117), je nach dem Umfang der Umwandlungen, welche die aufgenommene Nahrung erfahren muß, ehe sie in den Körper aus dem Darm übernommen werden kann, ist dieser verschieden gestaltet. Bei Wirbellosen und bei Wirbeltieren werden einzelne Abschnitte: Vorderdarm mit Schlund und Kropf, Mitteldarm mit Magen und Dünndarm, sowie Enddarm mit Dickdarm und Mastdarm unterschieden ohne daß hierdurch eine nach Gestalt, Bau und Funktion auftretende Gleichmäßigkeit als durchgehend ausgedrückt werden soll. In allen Fällen nimmt der Darmkanal in einzelnen seiner Abschnitte die Sekrete von Verdauungsdrüsen (Speicheldrüsen, Leber, Bauchspeicheldrüsen) auf, stets besitzt er in gewissen Abschnitten Wandungen, welche fähig sind die verwertbaren Produkte der Verdauuung zu resorbieren. Unter den metameren Tieren besitzen die entoparasitischen Cestoden überhaupt keinen Darmkanal, sie nehmen die Nährstoffe durch dieKörperwand auf (vgl. p. 652), anderen fehlt in gewissen Lebensstadien der Darmkanal, wie den Spinnern (Dendrolimus pini), die von dem Augenblick der Verpuppung an nicht mehr fressen, auch als Falter nicht.

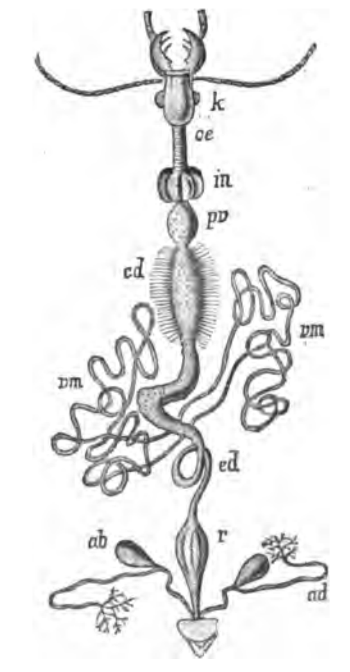



Fig. 20. Darm von Carabus auratus. k Kopf mit Mundteilen, oe Oesophagus, in Kropf, pv Kaumagen, cd Chylusmagen mit Zöttchen, vm Malpighische Gefäße, ed Enddarm mit Rectum (r), ad Analdrüsen mit muskulöser Anhangsblase ab (nach Dufour aus Lang).

Die Art der Nahrung steht in enger Wechselbeziehung zu der Ausbildung des Darmkanals nach Länge und Gliederung. Pflanzenfresser bedürfen zur Verarbeitung ihrer wasserreichen und deshalb in großen Massen verzehrten Nahrung eines Darmes von großem Fassungsraume, also eines weiten Magens und langen Darmrohres, das dann zur Platzersparnis vielfach zusammengeknäuelt oder selbst spiralig aufgewunden wird; da die Verdauung von

pflanzlichen Stoffen keine besonderen Anforderungen an die Ausstattung des Darmes stellt, ist dieser wenig gegliedert. Dagegen genügt zur Assimilation der nährstoffreichen, festeren Kost eines Fleischfressers ein kurzes, aber vielseitig ausgebildetes Darmrohr (Fig. 20). Wie diese Gegensätze bei verschiedener Lebensweise derselben Art auftreten, zeigt der einfache, lange, aufgewundene Darm der pflanzenfressenden Kaulquappe und der kürzere, drüsenreiche und verschieden weite des erwachsenen räuberischen Froschlurchs oder in gleicher Gegenüberstellung derjenige des Maikäfers und eines Laufkäfers, eines Wiederkäuers und eines Raubtiers.

Die verschiedene Ausgestaltung des Darmkanals läßt auch bei Tieren mit im allgemeinen gleicher Lebensweise Schlüsse auf Verschiedenheiten der letzteren zu. Unter den Borkenkäfern haben die Ipiden eine scharf abgesetzte Speiseröhre, einen langen weiten Mitteldarm, an dem die Blinddärme vorn gelegen sind

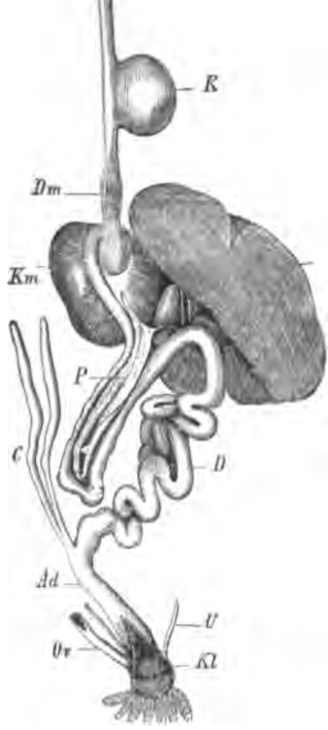



Fig. 21. Darmkanal eines Vogels. oe Speiseröhre, k Kropf, dm Drüsenmagen, KmMuskelmagen, D Mitteldarm, P Pankreas, H Leber, C Blinddärme, Ad Dickdarm, U Harnleiter, Ov Eileiter, Kl Kloake (aus Bergmann und Leukart).

Fig. 22. Kopf der Nachtschwalbe mit geöffnetem Rachen (aus Leunis).




Fig. 23. Nepa cinerea. A Imago, B Fangbein (aus Miall).

und dahinter eine Region mit kurzen Blindschläuchen (Divertikel) folgt, sie können länger hungern, dagegen haben Eccoptogaster und Hylesinen eine nach hinten allmählich erweiterte Speiseröhre, kurzen Mitteldarm, an dessen Ende die Blinddärme liegen und keine Divertikelregion, sie verdauen rascher, haben rasch wiederholt neues Nahrungsbedürfnis.

An diesen mehr oder minder vollkommen erkennbaren Darmabschnitten prägen sich weitere mannigfaltige Einrichtungen aus, welche zur Aufnahme und Verarbeitung der Nahrung zumal der festen dienen. Sie bezwecken mechanische Leistungen, d. h. das Ergreifen und Zerkleinern der Stoffe und die Weiterbeförderung in den Darmkanal. Die Mundöffnung ist entsprechend den umfangreichen Bissen oft sehr weit gespalten (Nachtschwalbe, Fig. 22), oder zu einem Fangsack, Hamen ausgebildet (Pelikan, Fig. 319 g). Als Vorrichtungen zum Packen,

Festhalten und Weitergeben des Futters treten Wimperbezirke (Rädertiere [Fig. 80], Schwämme), bewegliche Lippen oder Greifarme (Tentakeln) hinzu, wie sie z. B. bei Polypen, Moostierchen, Tintenfischen, beim Elefanten als Rüssel mit „Finger" vorkommen, oder es werden besondere Mundgliedmaßen ausgebildet (Arthropoden). Auch eigentliche, von der Mundöffnung abgekehrte Gliedmaßen werden in dieser Weise benutzt — Raubbeine von Insekten (Fig. 105), Fangfüße der Raubvögel, Vorderbeine der Katzen, Nagetiere, Affen — endlich innere ausstreckbare Organe: der ausstülpbare Magen der Seesterne, die Zunge bei Chamäleon Frosch, Specht, Wiederkäuern. Besondere seiherartige Mundbildungen haben solche Tiere, die das Wasser oder den Schlamm auf darin enthaltene verhältnismäßig kleine Nahrungsteilchen einschöpfen, wodurch letztere in der Mundhöhle zurückgehalten, erstere herausgepreßt werden; so die Bartenwale durch den Bartenbesatz (Fischbein) ihres gewaltigen Maules (Fig. 361), die Enten und Flamingos als Zahnschnäbler, die karpfenähnlichen Fische durch den Besatz ihrer Kiemenbögen mit Reihen ineinandergreifender Stäbchen. Stets in unmittelbarer Nähe der Mundhöhle (Vogelschnabel) oder in ihr selber sind zerkleinernde Organe angebracht: Kauapparat der Seeigel Radula der Schnecken (Fig. 242, 237), Schlundzähne der Weißfische (Fig. 299), Zähne der Wirbeltiere; sogar tief drinnen im Darmrohr liegt die „Magenmühle" des Krebses und die zermalmenden Reibeplatten im Muskelmagen der Vögel (Fig. 21). Auch kann die eingenommene Nahrung in besonderen Behältnissen vorläufig aufbewahrt werden, um erst später zur Verarbeitung zu gelangen, wie jenes z. B. in den Backentaschen des Hamsters und im „Pansen" der Wiederkäuer geschieht (Fig. 362).

In das eigentliche Darmrohr wird das Verzehrte von der Zunge und der Muskulatur der Schlundwandung durch Schluckbewegung geschoben, während die Weiterbeförderung durch Wimperhaare oder bei Wirbeltieren durch langsame, rhythmische Bewegungen (Peristaltik) der Darmmuskeln erfolgt; zur zeitweiligen Zurückhaltung sind an einigen Stellen ringförmige Muskelverschlüsse (Sphinkteren) angebracht, die den Darm einschnüren; Pförtner am Hinterende des Magens, Afterschließmuskel.

Die im Mund oder im Kaumagen zerkleinerte Nahrung (Speisebrei, Chymus) unterliegt der chemischen Beeinflussung durch zahlreiche Drüsen an verschiedenen Darmstrecken. Den Anfang machen die Speicheldrüsen, welche hauptsächlich die Durchfeuchtung und Glättung (Schlangen), aber auch Veränderungen gewisser Bestandteile (Verwandlung von Stärke in Zucker), bewirken; sie können einem Funktionswechsel unterliegen, indem sie Gifte zum töten der Beutetiere oder Sekrete liefern, die zur Anfertigung von Gespinsten Verwendung finden (Seidenspinner, Kiefernspinner). Dann folgen die eigentlichen verdauenden Drüsen, wie die Labdrüsen des Magens, die Galle absondernde Leber, die Bauchspeicheldrüse und die Darmdrüsen in den Wandungen des Mitteldarms und der Blinddärme.

Die Aufgaben aller dieser Einrichtungen ist die, daß die verzehrte Nahrung verdaut, d. h. in einen Zustand übergeführt wird, der sie unmittelbar in Gewebsbestandteile zu verwandeln gestattet.

Die gelöste Nahrung oder der Speisesaft (Chylus) wird durch die resorbierenden Strecken der Darmwandung aufgesaugt, deren Aufnahmefähigkeit von ihrer Flächenausdehnung abhängt.

Die Ausfuhr des Kotes geschieht bei afterlosen Tieren durch die Mundöffnung, sonst immer durch den Enddarm, dessen Länge, Weite, innere Flächenbildung den durch Muskelkraft ausgepreßten Exkrementen besondere und oft für einzelne Gruppen

bezeichnende Formen verleiht; man beachte hierzu die „Losung" des Wildes, den Kot der Mäuse, Schmetterlings- und Blattwespenraupen. Auch der Enddarm übernimmt gelegentlich anderweite Arbeiten, namentlich für die Atmung bei Wassertieren, z. B. bei Libellenlarven. Die Afteröffnung liegt entweder auf der Oberfläche des Körpers oder in einer Einstülpung der Leibeswand (Kloake) verborgen, in welche dann gleichzeitig auch die Harn- und Geschlechtsorgane münden.

Flüssige Nahrung nehmen neben festen Stoffen die Säuger und Vögel auf durch Lecken oder Saugen. Andere Tiere sind ausschließlich auf erstere angewiesen. Bei ihnen folgt hinter einer engen Mundöffnung ein Saugrohr, das in die aufzunehmende Flüssigkeit taucht (Schmetterling) oder sich den Weg dazu durch Verletzung des nahrungspendenden Organismus schafft (Schnabelkerfe).

§ 21. Die Nahrung der Tiere. Die Tiere sind nach der Auswahl, die sie in ihrer Nahrung treffen, Allesfresser (Omnivore), die sowohl pflanzliche wie tierische Kost zu sich nehmen, oder Pflanzenfresser (Phytophage) und Fleischfresser (Zoophage); unter letzten beiden sind monophag solche, die sich ausschließlich von einer Art organischer Wesen nähren, während die polyphagen keine besonders enge Auswahl treffen.

Außerhalb dieser Gruppen, wennschon durch zahlreiche Uebergänge mit ihnen verbunden, stehen die Schmarotzer oder Parasiten, die sich auf Kosten anderer Tiere oder Pflanzen, ihrer Wirte, die zum Lebensunterhalte nötige Nahrung verschaffen, indem sie sich von Teilen ihres Körpers, vom Blute, von Haaren, Federn, Chlorophyll, oder von deren aufgenommener Nahrung nähren. Die Parasiten beeinflussen den Wirt in seinem Gesundheitszustand entweder nur unmerklich (Trichine: Schwein, Gallwespe: Eiche) oder sie verursachen Störungen der Lebensfunktion oder Krankheiten (Trypanosamen: Malaria, Coraebus: Eiche, Trichine: Mensch) die oft tödlich verlaufen. Je nachdem sich die Schmarotzer nur zeitweilig — für die Nahrungsaufnahme — mit dem Wirte in Verbindung setzen oder dauernd auf oder in ihm hausen, erscheinen sie als zeitweilige (temporäre) bzw. ständige (stationäre) Parasiten; Aufenthalt an der äußeren Oberfläche oder im Innern des Wirtes läßt Außen- und Binnenschmarotzer (Ekto- und Entoparasiten) unterscheiden. Unter den Ektoparasiten kann es sowohl zeitweilige (temporäre) geben (Flöhe, Wanzen, Stechmücken) wie dauernde, stationäre (Läuse), während Entoparasiten nur dauernd vorzukommen vermögen. Verwickelter wird das Schmarotzertum einer Tierart, wenn sie in der Jugend in einem anderen Wirte schmarotzt als im geschlechtsreifen Zustande, so daß sie ersteren als Zwischenwirt, letzteren als kurzweg Wirt oder auch als Endwirt besitzt. Dann muß der Parasit zur Erreichung der Fortpflanzungsreife einen Wirtswechsel vornehmen, der nur passiv zu sein braucht, wenn der Endwirt den Zwischenwirt mitsamt dem darin lebenden jungen Parasiten verzehrt, wie z. B. der Bandwurm *Taenia saginata* im jugendlichen Finnenzustande im Rind als Zwischenwirt vorkommt, vom Menschen mit dem Rindfleisch verzehrt sich in diesem als seinem Endwirte zum vollkommenen Bandwurme entwickelt. Beim aktiven Wirtswechsel verläßt dagegen der junge Schmarotzer den Zwischenwirt, um als meist für kurze Zeit freilebendes Tier den Endwirt, in dem er sich wieder zum Parasiten wandelt, aktiv aufzusuchen oder passiv — etwa bei der Nahrungsaufnahme — in ihn einzudringen. Auch gibt es Schmarotzer, die nur in der Jugend (Dasselfliegen als Maden unter der Haut des Wildes, Tachinen, Ichneumonen), andere die nur im erwachsenen Zustande (Flöhe) parasitieren.

Auf den äußeren und inneren Bau eines Tieres übt die schmarotzende Lebens-



weise einen erheblich umbildenden Einfluß aus, indem sie einerseits Neubildungen, wie Haft- und Klammerorgane und Saugnäpfe verlangt, anderseits Organe zurückbildet oder verschwinden läßt, die unter den günstigen Lebensbedingungen eines Parasiten überflüssig werden. Diese Rückbildungen betreffen namentlich Bewegungswerkzeuge (Beine, Flügel), Sinnesorgane (Augen) und sogar die Ernährungsorgane (Bandwurm).

Als Schmarotzer unter den Wirbeltieren sind Vampyr, Hufeisennasen, Cyclostomen zu nennen, den Weichtieren, Ringelwürmern (Egel!), Stachelhäutern und Hohltieren gehören nur wenige an. Dagegen sind sie stark vertreten bei den Arthropoden (Krebstiere, Ichneumonen, Dipteren), Rund- und Plattwürmern, sowie den Protozoen. Andrerseits sind als Wirte besonders Insekten und Wirbeltiere von Außen- und Binnenschmarotzern heimgesucht.

§ 22. Die Atmungsorgane. Da der tierische Stoffwechsel unausgesetzt für die Erhaltung des lebenden Protoplasmas Sauerstoff nötig hat, muß der Körper diesen ständig in entsprechender Menge aufnehmen. Die Aufnahme des Sauerstoffs von außen her und die Abgabe der gebildeten Kohlensäure geschieht durch die Atmungsorgane, denen also als Leistung ein Gasaustausch obliegt. Der hierbei stattfindende Vorgang, die äußere Atmung, muß bei den meisten Metazoen noch durch einen zweiten Prozeß ergänzt werden, durch welchen der aufgenommene Sauerstoff von den Atmungsorganen an die Gewebe abgegeben wird. Das von letzteren erzeugte Kohlendioxyd tritt umgekehrt von den Geweben in die Atmungsorgane ein: innere Atmung. Zur schnellen Beförderung der auszutauschenden Gase dient die Blutflüssigkeit welche infolge ihres Gehaltes an Hämoglobin diese Gase sehr leicht bindet und wieder abgibt.

Bei niederen Tieren von geringer Leibesgröße und dabei großer Oberfläche, einfachem Bau und lockerem Integument erfolgt der Gaswechsel osmotisch durch die Körperoberfläche.

Bei höheren Tieren dagegen treten besondere Atmungsorgane auf, die entweder den vom Wasser absorbierten Sauerstoff verarbeiten (Kiemen), oder den Gasaustausch mit der Atmosphäre vermitteln (Lungen, Tracheen). Die Kiemen treten als frei an der Körperoberfläche sitzende Fäden, Fadenbüschel, Falten, Lamellen auf, die durch ihren viel gegliederten Bau die atmende Fläche ausgestalten; ihre Lage an den beweglichen Gliedmaßen bei Ringelwürmern und Krebsen sichert ihre Tätigkeit in noch unverbrauchtem Atemwasser. Vielfach wird ein Wasserstrom kleineren Umfanges durch die Wimperbekleidung der Kiemen bewirkt. Häufig sind die Kiemen in besondere Höhlen oder unter Deckeln geborgen, so bei Tintenfischen, Muscheln, vielen Krebsen und den Fischen.

Wenn die Atemhöhlen sich nur durch einen engen Spalt öffnen, können sie genug Feuchtigkeit in sich bergen, um die Kiemen vor dem Eintrocknen zu bewahren, so daß derartig ausgestattete Kiemenatmer auch zeitweilig wie Kletterfisch und Aal, oder selbst dauernd das Wasser verlassen, und wie die Landkrabben Luft zu atmen vermögen.

Den landbewohnenden Wirbeltieren dienen paarige Lungen, welche durch die Mundhöhle die Atemluft wechseln; ihr Gefäßnetz erhält mit Kohlensäure befrachtetes Blut durch je eine Lungenarterie vom Herzen her zugeführt und gibt das oxydierte Blut an ein Paar wieder zum Herzen führender Lungenvenen ab.

Die Tracheen der landbewohnenden Gliederfüßer (Spinnen, Insekten und Tausendfüßer sind röhrenförmige, im Körper verzweigte Einstülpungen der Körper-

wand; den inneren Hohlraum hält eine Versteifung in Gestalt eines spiralig gewundenen Chitinfadens offen (Fig. 24); an den äußeren Einstülpungsöffnungen (Stigmen) können gitterartige Verschlüsse vorhanden sein, welche einen Reusenapparat darstellen, der Fremdkörper von dem Eintritt in die Atmungsorgane fernhält. Manchmal sind hier auch Stimmbänder angebracht. Im Körperinnern verzweigen sich die stärkeren Tracheenstämme in immer feinere, fadenlose Tracheenkapillaren, die schließlich alle Organe umspinnen und in die Gewebe dringen. Auf diese Weise wird die Atmungsluft bis zu den Geweben geleitet und wirkt dort respiratorisch, so daß äußere und innere Atmung zusammenfallen. Blasenförmige Erweiterungen der Tracheen kommen häufig vor. Wasserbewohnende Insekten kommen zum Atmen mit ihren Stigmen an die Wasseroberfläche, bei anderen Schlammbewohnern sitzen sie auf langen siphorartigen Röhren; bei Insektenlarven, die sich dem Wasserleben noch mehr angepaßt haben, liegen die Tracheen in Form von blättchenförmigen Anhängen als T r a c h e e n k i e m e n am Hinterleib (Fig. 25) oder als Wülste im Enddarm.

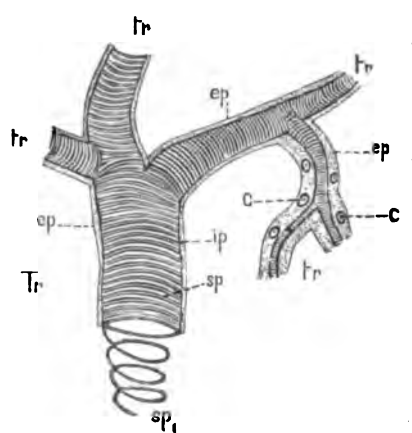



**Fig. 24. Verzweigtes Stück eines Tracheenstammes. Tr Stammstück, tr Verzweigungen, ip innere Chitinhaut mit den in Form von Querstreifen auftretenden Verdickungen (sp), die sich als einfacher Spiralfaden (sp') ausziehen lassen, ep äußere Zellenschicht, c Kerne derselben (aus Kolbe).**

Die F ä c h e r t r a c h e e n der Spinnentiere sind am Hinterleib gelegene sackartige Hauteinstülpungen, welche mit Stigmen nach außen münden und im inneren mit respiratorisch tätigen Lamellen ausgestattet sind. Die Lungen und Tracheen werden durch pumpende Muskeltätigkeit (Atembewegungen) abwechselnd mit Luft gefüllt und entleert, was bei Wirbeltieren durch Bewegungen des Brustkorbes und Zwerchfelles oder durch solche des Zungenbeins, bei Insekten durch rhythmische Verschiebungen der Hinterleibssegmente geschieht.

§ 23. L e u c h t v e r m ö g e n. Manche Tiere haben ein L e u c h t v e r m ö g e n, das eine besondere Aeußerung des Stoffwechsels darstellt und an die Produktion eines besonderen Leuchtstoffes geknüpft ist. Zur Lichterzeugung scheinen keine Süßwassertiere, wohl aber Land- und besonders viele Meerestiere befähigt zu sein. Manche Käfer aus den Familien *Lampyridae*, so unser Glühwürmchen (Fig. 26), *Cantharidae* und *Elateridae*, namentlich der südamerikanische „Cucujo“ *(Pyrophorus noctilucus)* haben eigene innere Leuchtorgane von der Art eines Fettkörpers, deren Tracheenreichtum rasche Oxydation erlaubt; das erzeugte Licht schimmert phosphorisch unter durchsichtigen Hautstellen am Hinterleib oder an der Vorderbrust durch. Weit häufiger geht das Leuchtvermögen von Leuchtdrüsen aus. Unter den marinen Geschöpfen gibt es zahlreiche leuchtende Arten und zwar von den Einzelligen (Noctiluca miliaris der Nordsee) angefangen bis hinauf zu den Fischen. Unter letzteren weisen besonders die Arten der dunklen Tiefsee vielfach große und leistungsfähige Bildungen auf. — Der biologischen Bedeutung nach dürften Leuchtorgane bald zum Geschlechtsleben in Beziehung stehen (Käfer), bald als Schreckmittel gegen Feinde dienen (Würmer, Tausendfüßer), endlich zum Aufsuchen von Beute benutzt werden (Tiefseefische).

Mit der Hervorbringung von Eigenlicht in den geschilderten Fällen hat das sogenannte Augenleuchten vieler Säugetiere, z. B. der Raub- und Huftiere, nichts zu schaffen, da hierbei nur eingefallene, fremde Lichtstrahlen von einer stark licht-

brechenden, zwischen Netz- und Aderhaut gelegenen Schicht (Tapetum) des Augenhintergrundes zurückgeworfen werden.

§ 24. Organe des Kreislaufs. Die Organe des Blutkreislaufs überführen Gase von den Atmungsorganen zu den Geweben und umgekehrt, vermitteln also zwischen innerer und äußerer Atmung, ferner verteilen sie die resorbierten Nährstoffe im Körper und leiten die Exkrete des Stoffwechsels ab, wobei als Transportmittel eine Flüssigkeit dient. Diese ist bei den Cölenteraten die gelöste Nahrung selbst, welche durch die Verzweigungen des Darmes (Gastrovaskularsystem) im Körper verteilt wird. Bei Platt- und Rundwürmern erfüllt der vom Darme gelieferte Chylus mit Gewebssäften gemischt die Leibeshöhle, so daß die inneren Organe von einer Leibeshöhlenflüssigkeit umspült werden.

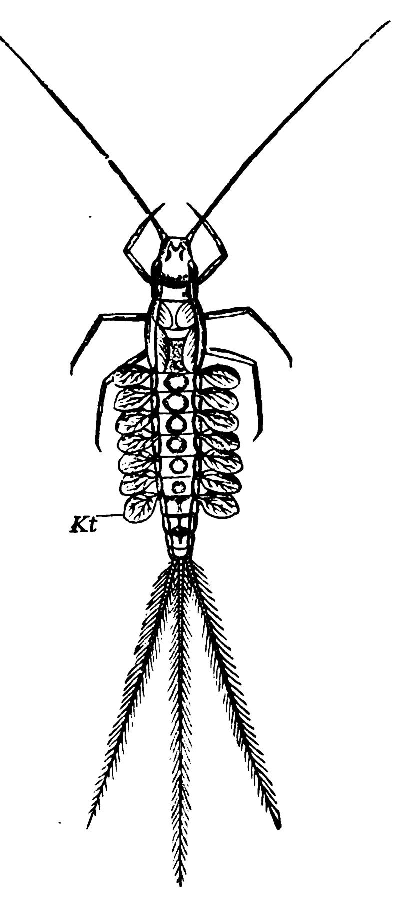


Fig. 25. Larve einer Eintagsfliege (Chloë diptera) mit Tracheenkiemen Kt (aus Claus-Grobben).

Bei den übrigen Tiergruppen tritt ein besonders, mehr oder minder geschlossenes Gefäßsystem auf, in dem als eigenartige Flüssigkeit das Blut kreist, während die Gewebsteile der Organe von der andersartigen Lymphe durchdrungen und umspült sind. Um die Strömung des Blutes im Gange zu halten, übt entweder der Darm in regelmäßigen Zwischenräumen einen Druck auf dasselbe aus, oder bestimmte Stellen des Gefäßsystems sind kontraktil; solch ein zu einem besonderen Zentralorgan erhobener Teil des Kreislaufsystems heißt Herz.

Das einfache Herz, z. B. der Insekten (Fig. 27), ist ein mit muskelkräftiger Wandung versehener stets am Rücken der Leibeshöhle gelegener, gekammerter Schlauch. Durch ein paar seitliche Spalten jeder Kammer dringt bei Erweiterung des Herzens das Blut ein, um bei Zusammenziehung von hinten anfangend aus einer Kammer in die andere zu gelangen, wobei ein Rückfließen durch ventilartig wirkende Klappen an den Spalten und zwischen den Kammern verhindert wird. Vorn verlängert sich das Herz in ein kurzes einfaches Gefäß, welches die Blutflüssigkeit in die Leibeshöhle ergießt.



Fig. 26. Lampyris noctiluca von der Bauchseite. L Leuchtorgane (aus Claus-Grobben).

Bei den Weichtieren (Fig. 421) stellt sich eine Zweiteilung des Herzens in die kleinere Vorkammer (Vorhof, Atrium) und die stärkere Herzkammer (Ventriculus) ein; der Kreislauf ist ebenfalls nicht geschlossen, da noch Lakunen in die Blutbahnen eingeschaltet sind. Bei den Wirbeltieren vollzieht sich im Gegensatz zu allen niedriger stehenden Tieren der Blutkreislauf in völlig geschlossenen Bahnen.

Während die Fische nur eine Vorkammer und eine Herzkammer besitzen, erstreckt sich die Teilung des Herzens bei Amphibien nur auf den Vorhof, bei

den Reptilien sind die beiden Herzkammern nicht vollkommen getrennt. Erst bei Vögeln und Säugern ist die Teilung in zwei selbständige Herzhälften, jede mit einer Kammer und einer Vorkammer vollständig. Dementsprechend strömt das Blut in einem doppelten Kreislauf, derart, daß es von der rechten Herzhälfte durch den kleineren Lungenkreislauf zur linken und von dieser durch den größeren Körperkreislauf wieder zur rechten zurückkehrt.

Alle vom Herzen wegführenden Gefäße heißen Schlagadern, Arterien, sie stehen unter dem Druck des Herzens, alle ihm zuführenden heißen Blutadern, Venen. Das Herz der Fische führt venöses Blut, bei Amphibien und Reptilien erhält das Herz venöses und arterielles Blut und gibt gemischtes weiter.

Nicht selten lösen sich Blutgefäße beider Art unterwegs in ein Geflecht feinerer Kanäle, die Wundernetze, auf, um nachher wieder zu größeren Stämmen zusammenzutreten. Als wichtigstes Wundernetz ist das System der Pfortader zu nennen, die aus den Haargefäßen des Darmes entstanden sich in der Leber noch einmal auflöst, um nach erneuter Vereinigung in die untere Hohlvene zu münden; dieses System wird als dritter oder Pfortader-Kreislauf bezeichnet, dem sich bei den niederen Wirbeltieren als vierter noch der Nierenpfortader-Kreislauf zugesellt.

Mit dem Kreislaufe des Blutes steht bei den Wirbeltieren noch ein weiteres System, das Lymphgefäßsystem, in Verbindung. Was nämlich der Blutstrom durch seine Körperkapillaren an die Gewebe zu ihrer Erneuerung abgibt, wird nur zum Teil von diesen verbraucht, während der Ueberschuß sich in feinsten Lakunen sammelt. Diese unverwendete Ernährungsflüssigkeit, die Lymphe, führen Gänge mit äußerst zarten Wandungen fort, die schließlich zu einem größeren sog. Milchbrustgange (Ductus thoracicus) zusammentreten. Dieser ergießt seinen Inhalt in die obere Hohlvene, so daß er in den Atmungskreislauf gelangt. Ferner geben die Lymph-(Chylus-)gefäße des Darmes den von ihnen resorbierten Chylus an die Lymphbahnen ab, der auf diesem Umwege ebenso in das Blut gelangt wie der unmittelbar von den Blutkapillaren der Darmwand aufgenommene.

Fig. 27. Stück des Herzens eines Insekts, Schema. i Einschnürung zwischen 2 Kammern, k Klappen, s venose Spalte (aus Boas).

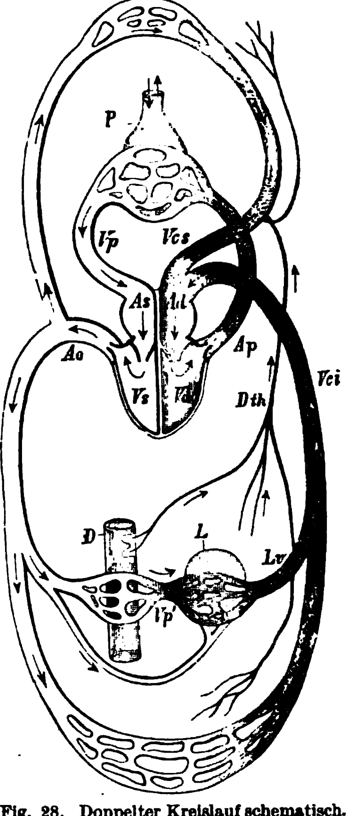



Fig. 28. Doppelter Kreislauf schematisch. Ad rechter Vorhof mit der oberen (Vcs) und unteren (Vci) Hohlvene, Dth Ductus thoracicus als Hauptstamm der Lymph- und Chylusgefäße, Vd rechte Kammer, As linke Vorkammer, Vs linke Kammer, Ap Lungenarterie, P Lunge, Vp Lungenvene, Ao Aorta, D Darm, L Leber, Vp' Pfortader, Lv Lebervene (nach Huxley a. Claus-Grobben).

§ 25. Wärmebildung. Atmung und Kreislauf geben als Hilfsmittel des Stoffwechsels die Grundlage zur Wärmebildung. Da der tierische Stoffwechsel in der Hauptsache auf Oxydation beruht, und jede Oxydation Wärme freimacht, so muß der Lebensvorgang ständig Wärme erzeugen und dementsprechend

um so mehr Wärme, je lebhafter er vor sich geht. Der Umfang des Stoffumsatzes wächst aber mit der Zunahme der Oberfläche eines Tieres gegenüber seiner Masse, und die Oberfläche steigert sich bei einem kleinen Tiere verhältnismäßig rascher als bei einem großen von als gleich angenommener Körperform und bei gleichen äußeren Umständen, weil überhaupt die Masse im Kubus, die Oberfläche nur im Quadrat wächst. Eine Maus muß daher einen regeren Stoffwechsel haben als ein Elefant. Daraus ergibt sich weiter, daß zur Erzeugung der gleichen Wärmemenge auf die gleiche Masseneinheit von ersterer mehr Heizmaterial verbraucht, also verhältnismäßig mehr Nahrung und Sauerstoff aufgenommen werden muß als von dem riesigen Dickhäuter. Da ferner — wenn wir für die Körperform die gleiche geometrische Figur, z. B. die Kugel, beibehalten — mit der Oberflächenzunahme auch die Wärmeausstrahlung wächst, so ist die Wärmeökonomie kleiner Tiere unvorteilhafter als die großer; z. B. steht das Nahrungsbedürfnis eines kleinsten insektenfressenden Vogels (Weidenlaubvogel) zu dem eines großen (Star) etwa wie 9:4. Wenn also ein Tier eine von der äußeren Temperatur unabhängige Eigenwärme besitzt, so wird einerseits sein Stoffwechsel sehr rege sein, andrerseits sein Körper Einrichtungen besitzen, um die Wärmestrahlung möglichst zu verhüten. So beschaffene Tiere mit beständig gleicher Eigentemperatur heißen homöotherme (gleichwarme), die anderen, deren Körperwärme mit der Temperatur ihrer Umgebung schwankt, pökilotherme (wechselwarme).

Zu den Homöothermen gehören nur Vögel und Säugetiere, die ihre Innentemperatur auf 35—40° C halten. Ihre Wärmeregulierung, d. h. die Fähigkeit zur Erhaltung gleicher Eigentemperatur gegenüber selbst erheblichen Schwankungen der Außentemperatur, stützt sich einerseits auf die Möglichkeit, beim Sinken der letzteren den Stoffwechsel und damit die Wärmeerzeugung zu steigern durch stärkere Bewegung oder Einschmelzen von aufgespeichertem Brennstoff (Fett), andrerseits die Wärmeabgabe durch die Haut zweckentsprechend zu regeln. So ist diese zur Verhinderung von Wärmeverlust mit schlechten Leitern (Haaren, Federn) umhüllt; umgekehrt sind zur Ableitung der übermäßigen Innenwärme die Hautgefäße sehr erweiterungsfähig oder es wird Schweiß abgesondert, durch dessen rasche Verdunstung dem Körper Wärme entzogen wird. Sehr ungünstigen Bedingungen, denen z. B. kleine Säugetiere und Vögel im strengen Winter kälterer Zonen ausgesetzt sind, weichen jene durch Herabsetzung ihres Stoffwechsels auf ein Mindestmaß aus, indem sie einen Winterschlaf mit wesentlicher Temperaturerniedrigung, verminderter Atmung und Herztätigkeit halten, während viele Vögel ihnen durch Fortziehen nach wärmeren Gegenden entgehen.

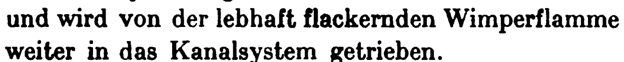
Pökilotherm sind dagegen fast alle ständig im Wasser lebenden Tiere und alle Wirbellosen, da sie größtenteils verhältnismäßig klein sind. Insekten haben infolge ihrer Beweglichkeit und lebhaften Atmung oft eine höhere Temperatur als die Umgebung; besonders hohe Temperaturen herrschen in ihren Staaten (Ameisenhaufen, Bienenstock). Die langsam flatternde oder rasch dahinschießende Flugbewegung, ebenso die Zeit des Schwärmens (Tag- und Nachtfalter) steht mit der Wärmesteigerung bei dieser Arbeitsleistung im Zusammenhang.

§ 26. Harnorgane. Für die im Stoffwechsel gebildeten gasförmigen Ausscheidungen sind Atmungsorgane, in mäßigem Grade auch Haut und Darm die Ausfuhrwege; dagegen wird die Exkretion der erzeugten Stickoxyde (Harnstoff und Harnsäure) und des meisten Wassers durch besondere Harnorgane (Exkre-

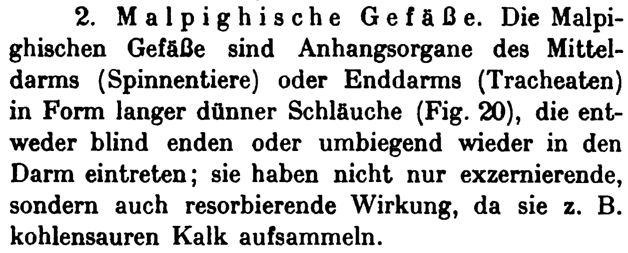
tionsorgane, Nephridien, Nieren, Malpighischen Gefäße) in flüssiger oder breiiger Form besorgt.

Sie treten in besonderen Typen auf.

1. Wimperflammen. Die Exkretionsorgane der Plattwürmer sind paarige, im Füllgewebe gelagerte Kanäle, die den Körper der Länge nach durchziehen, zahlreiche Seitenzweige entsenden und getrennt oder vereinigt (Saugwürmer) am Hinterende münden („Wassergefäßsystem"). Die Seitenzweige enden in den Lücken des Bindegewebes mit einer kolbigen Endzelle, die sich nach innen, also in das Seitenkanälchen hinein, in ein verklebtes Wimpernbüschel, die „Wimperflamme" verlängert; aus dem Parenchym dringt Harn osmotisch in die Endzelle



und wird von der lebhaft flackernden Wimperflamme weiter in das Kanalsystem getrieben.



2. Malpighische Gefäße. Die Malpighischen Gefäße sind Anhangsorgane des Mitteldarms (Spinnentiere) oder Enddarms (Tracheaten) in Form langer dünner Schläuche (Fig. 20), die entweder blind enden oder umbiegend wieder in den Darm eintreten; sie haben nicht nur exzernierende, sondern auch resorbierende Wirkung, da sie z. B. kohlensauren Kalk aufsammeln.

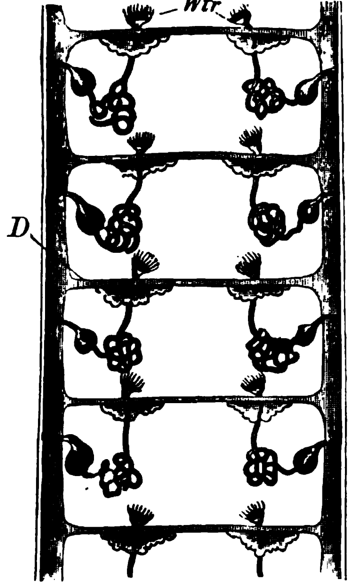



Fig. 29. Schematische Darstellung der Nephridien (Segmentalorgane) eines Gliederwurmes. D Dissepimente zwischen den Segmenten, Wtr Wimpertrichter, der in den Schleifenkanal mit Endblase führt (nach Semper aus Claus-Grobben).

3. Nephridien. Diese sind paarige, segmental wiederkehrende Kanälchen, die sich nach der Leibeshöhle öffnen, nach außen aber die Leibeswand durchbrechen. Ein solches Nierenkanälchen (Fig. 29) besteht aus der inneren, trichterförmig erweiterten und bewimperten Oeffnung, dem Wimpertrichter, dem sich anschließenden, mit Drüsenwand versehenen und ebenfalls wimpernden Kanälchen, das schleifenartig gewunden ist (Schleifenkanal) und der Mündung, welcher oft eine Endblase vorausgeht.

Auch die Wirbeltierniere geht in ihrer ursprünglichen Anlage auf die Nephridien zurück; da sie aber nahe Beziehungen zu den Fortpflanzungswerkzeugen hat, so wird sie besser mit diesen zusammen besprochen.

Der Harn der Tiere enthält als Hauptbestandteil Harnstoff, ferner Kreatin, Hippursäure (bei Pflanzenfressern) und Harnsäure nebst ihren Salzen. Wenn die drei erstgenannten leichtlöslichen Körper vorwiegen, so ist der Harn wässerig, dagegen wird er beim Ueberwiegen der schwerlöslichen Harnsäure wesentlich als ein weißer Brei von sauren harnsauren Salzen ausgeschieden (Reptilien und Vögel).

§ 27. Nervensystem und Sinnesorgane. Die Reizbarkeit, eine Eigenschaft aller lebenden tierischen Zellen, ist in erhöhtem Maße dem Nervengewebe eigen.

Die Nerven bilden das Nervensystem, welches sich aus den die Reize aufnehmenden Sinnesorganen, den dieselben leitenden Nervenbahnen und dem empfindenden Zentralorgan zusammensetzt.

Nervenfasern, welche einen Reiz zentrifugal nach peripheren Organen leiten und die Tätigkeit anderer Zellen auslösen, sind motorische Fasern; Nervenfasern,

welche von den peripheren Organen Reize zentripetal nach dem Zentralorgan leiten und dadurch eine Empfindung oder Vorstellung zum Bewußtsein bringen, sind sensibel.

§ 28. Nervensystem. Schwämme besitzen kein Nervensystem; einzelne zerstreute Nervenzellen treten bei Polypen auf. Die radiäre Anordnung des Nervensystems herrscht bei Quallen und Echinodermen.

Bilateral-symmetrisch und meist auch metamer angelegt ist das Nervensystem bei den übrigen Wirbellosen und den Wirbeltieren. Ihre Sinnesorgane liegen peripher, die Ganglienzellen sind mehr ins Körperinnere gerückt und zu Nervenknoten (Ganglien) verdichtet, zwischen denen aus Nervenfasern verflochtene Stränge (Kommissuren) die Verbindung herstellen. Besonders

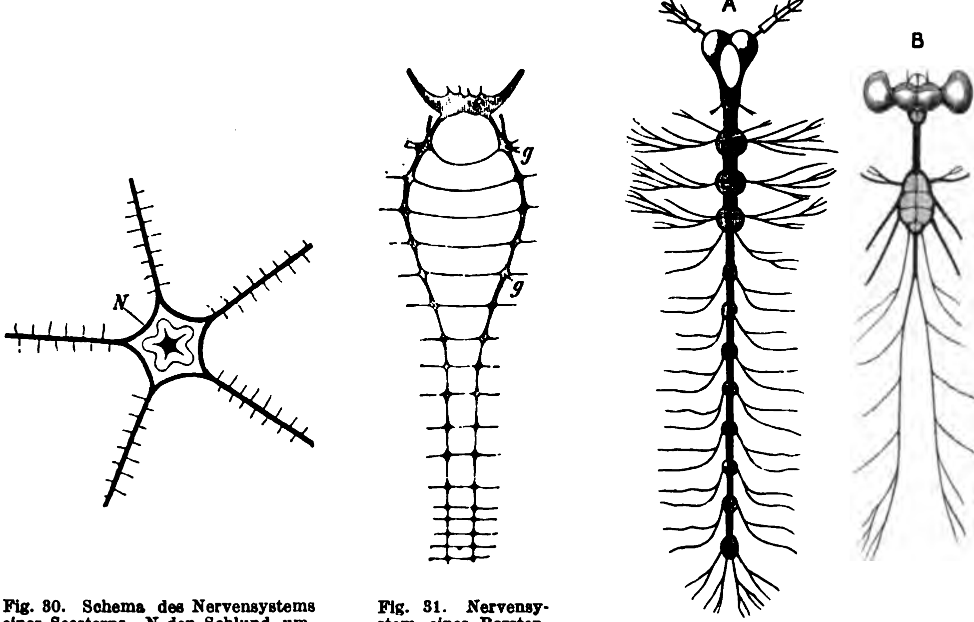



Fig. 30. Schema des Nervensystems eines Seesterns. N den Schlund umgebender Nervenring, der die fünf ambulakralen Nervenstämme verbindet (aus Claus-Grobben).

Fig. 31. Nervensystem eines Borstenwurmes c Gehirn, g Bauchanglien (aus Boas).

Fig. 32. Gehirn und Bauchmark. A einer Mückenlarve (Chironomus), B einer Lausfliege (Hippobosca) (nach Brandt aus Sharp).

starke Ganglien bilden sich zum Zentralorgan aus; im Gegensatz zu diesem heißen die nach der Peripherie des Körpers ausstrahlenden Nerven peripherisches Nervensystem.

Der bilaterale Typus des Nervensystems der Wirbellosen stellt sich als eine dem Kopfende genäherte zentrale Ganglienmasse (Zerebralganglion, Gehirn) dar, die den Schlund entweder ringförmig umgibt (Schlundring, Fig. 31, 32), oder als ein Paar verbundener Ganglien über ihm liegt (oberes Schlundganglion). Von diesem „Gehirn" verlaufen ein oder mehrere Paare von Längsnervensträngen nach hinten, die bei segmentierten Geschöpfen ventral gelegene, metamere Anschwellungen zu Ganglien mit Querkommissuren zeigen. Bei homonomer Segmentierung (Gliedertiere) bilden diese in gleichmäßiger Ausbildung ein „Strickleiternervensystem" (Fig. 31, 32a); heteronome Gliederung drängt sie zu wenigen zusammen (Fig. 32b).

Das Zentralorgan der Wirbeltiere liegt als ein dicker, unpaarer Strang (Rückenmark) dorsal vom Achsenskelett, das vorn eine massige

Anschwellung, das Gehirn, trägt; seitlich austretende Nervenstränge (Spinalnerven) deuten die metamere Gliederung an.

Neben den bisher geschilderten Typen tritt bei Ringelwürmern, Gliederfüßern und Wirbeltieren ein besonderes sympathisches oder Eingeweidenervensystem auf (Nervus sympathicus). Obwohl es in baulichem Zusammenhange mit den nervösen Zentralorganen steht, ist es in seiner Tätigkeit, die in der Innervierung der Verdauungs-, Kreislaufs- und Fortpflanzungsorgane besteht, nicht nur vom Willen des Tieres unabhängig, sondern arbeitet auch dann für sich weiter, wenn jene versagen. Bei den Vertebraten besteht es aus einer Reihe von Ganglien beiderseits des Rückenmarks, die durch Längskommissuren (Grenzstrang) unter sich, durch Querfasern mit den Spinalnerven verbunden sind und Nervengeflechte zu den von ihnen versorgten Organen abgeben.

§ 29. Sinnesorgane. Das Nervensystem besitzt Apparate, die von gewissen Verhältnissen der Außenwelt oder des Körperzustandes Eindrücke erhalten, erregt werden, und die Erregungen als bestimmte Empfindungsformen (Sinnesqualitäten) im Zentralorgane zur Aufnahme, zum Bewußtsein, gelangen lassen. Bei niederen Tieren (Protozoen, Coelenteraten) ist die Haut Sitz einer allgemeinen Sinnesempfindlichkeit, die sich vielerlei Reizen gegenüber betätigen kann, also sowohl mechanische (Druck), thermische und chemische Reize wie auch Schwingungen von Aether, Luft und Wasser wahrzunehmen vermag. Die Arbeitsteilung, welche in der Ausbildung von Organen zum Ausdruck kommt, bedingt auch die Ausbildung getrennter, spezifischer Sinnesorgane, die auf bestimmte Reize eingestellt sind, so daß den verschiedenen Reizformen ebensoviele Arten auf sie eingestellter Nervenapparate entsprechen können. Doch ist zu beachten, daß einzelne Organe von morphologisch einseitigem Bau doch Reize mehrerer Art zu verwerten vermögen, wie z. B. unsere Haut sowohl Druck- wie Temperaturreize wahrnimmt.

Außer den herkömmlich unterschiedenen fünf Sinnen besitzen die Tiere einen solchen für Druckempfindungen, desgleichen solche für Temperaturwahrnehmungen und für Beurteilung des Gleichgewichts; chemische Reize werden vielfach von den Geschmacks- und Geruchsorganen empfunden.

§ 30. Tastorgane. Druckempfindungen werden durch das Tastgefühl an allen Körperstellen wahrgenommen. Als Grundform einfacher Tastorgane mögen die Tastborsten der Insekten betrachtet werden; eigentlich empfindende Organe sind Sinneszellen im Epithel, auf welche die Tasthaare den Reiz unmittelbar übertragen. Die Tastorgane der Vertebraten sind in die Lederhaut gerückt, wo sie ziemlich große kolbenförmige Gebilde (kolbenförmige Körper, Tastkörper) mit herantretender Nervenfaser darstellen; solche Tastkörper sind besonders gehäuft an den Enden der Gliedmaßen (Fingerspitzen), der Schnabelspitze der Enten und Schnepfenvögel, der Nase des Maulwurfs, der Zunge der Eidechsen, Schlangen, Vögel und Säugetiere. Tastorgane sind auch die Schnurrhaare der Säuger, deren Wurzel in ein blut- und nervenreiches Polster versenkt ist.

Sinneszellen der Haut, welche gruppenweise von gewöhnlichen Epithelzellen, den „Hüllzellen" umgeben sind, werden als Sinnesknospen bezeichnet, wie sie sich häufig bei wasserbewohnenden Lurchen und Fischen, besonders in der „Seitenlinie" der letzteren finden. Sie dienen neben der Tastempfindung auch der Wahrnehmung des Druckes des umgebenden Mediums.

§ 31. Geruchsorgane. Die Beschaffenheit chemischer in Gasform wirkender Reize prüfen die Geruchsorgane, die zum Auffinden der Nahrung, zum

Suchen des anderen Geschlechts zum Zwecke der Fortpflanzung dienen. Als einfachste Geruchsorgane sind die Riechgruben wirbelloser Tiere anzusehen — bewimperte, mit Sinneszellen und anschließenden Nervenenden ausgestattete Hautwülste oder Vertiefungen. Bei den Insekten sind an Fühlern und Palpen der Mundwerkzeuge Riechhaare angebracht (Fig. 33). Die Geruchsorgane der Wirbeltiere sitzen am Kopfe, die der Luftatmer als Nase am Eingange der Atmungswege, die der Wasseratmer am Grunde blind geschlossener Gruben (Fig. 34).

§ 32. Geschmacksorgane. Da die Geschmacksorgane gelöste Stoffe wahrnehmen, so ist bei niederen Tieren des Wassers, das ja auch die Gase gelöst enthält, oft kein Unterschied zwischen Geruchs- und Geschmackswerkzeugen zu ziehen, ja selbst Insekten und Weichtiere weisen keine morphologischen Unterschiede zwischen beiden Arten auf, vielmehr sind es nur Beobachtungen, die auf eine Benutzung der fraglichen Organe in der einen oder andern Weise schließen lassen. Dagegen sind sie bei den Vertebraten typisch ausgebildet und zwar in der Mundhöhle, am Gaumen und auf der Zunge. Die als Geschmacksknospen (Schmeckbecher) bezeichneten Endorgane ähneln in ihrem Aufbau aus fadenförmigen Sinneszellen, die gruppenweise von epithelialen Hüllzellen umgeben sind, den Tastkörpern.

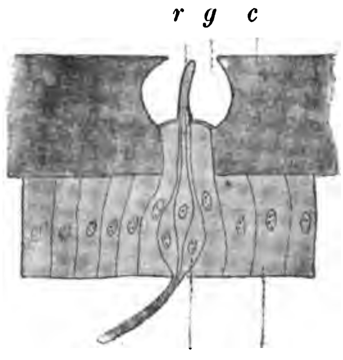
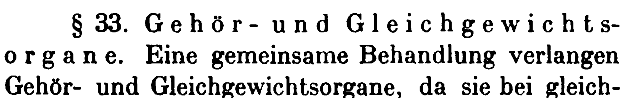



Fig. 33. Schnitt durch ein Stückchen eines Insektenfühlers, schematisch. c Kutikula, g Grube, an deren Boden das Riechhaar r von einem verdünnten Teile der Kutikula entspringt, ep Hypodermis, sz Sinneszelle (aus Boas).



§ 33. Gehör- und Gleichgewichtsorgane. Eine gemeinsame Behandlung verlangen Gehör- und Gleichgewichtsorgane, da sie bei gleichzeitigem Vorhandensein in enger räumlicher Verbindung stehen. Gehörwerkzeuge dienen zur Wahrnehmung der langsameren Wellenbewegung (10—50 000 Schwingungen in einer Sekunde) in Luft und Wasser, während die Gleichgewichts- oder statischen Organe dem Tiere Umlagerungen seines Schwerpunkts anzeigen und dadurch die Ausführung geordneter, zweckmäßiger Bewegungen ermöglichen; viele bisher als akustische Sinneswerkzeuge bezeichneten Organe niederer Tiere bis zu den Fischen hinauf sind jedenfalls statische Organe.

Das Organ des Gleichgewichtssinnes hat bei den Wirbellosen zumeist die Form eines Bläschens oder einer Kapsel, der Statozyste, die mit Flüssigkeit (Lymphe) gefüllt und mit einem sensiblen Nerven verbunden ist; ihre Innenwand ist mit härchentragenden Sinneszellen bekleidet, und ein oder mehrere in der Flüssigkeit schwimmende Körnchen aus kalkhaltiger Abscheidung, die Statolithen, ruhen bei Gleichgewichtslage des Tieres auf einer bestimmten Gruppe der Haarzellen (Fig. 35). Sobald aber ein Wechsel in der Körperlage eintritt, wird der Statolith auf die Borsten andrer Zellen fallen, die hiervon ausgehende Druckempfindung durch die Nervenleitung im Zentralorgan zum Bewußtsein kommen und als Reflex Muskelbewegungen zur Herstellung des Gleichgewichts auslösen. Unter den Insekten sind sie nur bei einigen Dipteren in den Antennen und im Hinterleib nachgewiesen.

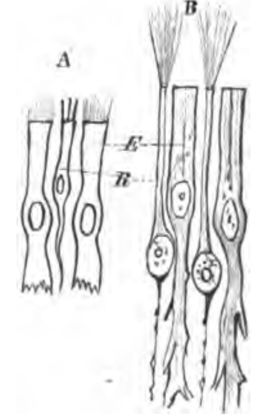



Fig. 34. Epithel der Riechschleimhaut, A von Petromyzon planeri, von Salamandra atra. E Epithel- R Riechzellen (aus Wiedersheim).

Bei den Wirbeltieren steht das statische Organ im Zusammenhange mit dem Gehörorgan und bildet einen Teil des inneren Ohres oder Labyrinths (Fig. 36). Auch hier ist eine, freilich in die Tiefe gerückte, Statozyste die Grundlage, jedoch zweigen sich als eigentliche empfindliche Teile drei hohle Bügel (halbzirkelförmige Kanäle) ab, die den drei Richtungen des Raumes entsprechend gerichtet sind und mit kugeligen Anschwellungen (Ampullen) in den oberen Teil der Statozyste, hier Utriculus genannt, münden. Reize, die infolge einer Veränderung der Körperlage einen der Kanäle treffen, werden von Sinneszellenpolstern am Utriculus aufgenommen.

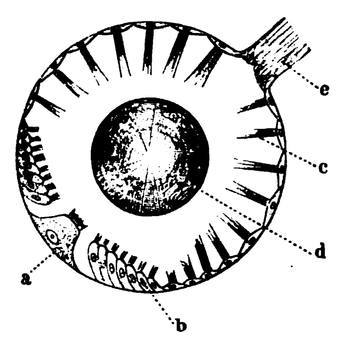


Fig. 35. Statozyste einer Schnecke, stark vergrößert; a große, isoliert stehende Sinneszelle, b kleinere Sinneszellen, c die Sinneshaare, d der Statolith, e der an das Bläschen herantretende Nerv (aus Leunis).

Die Gehörorgane der Vertebraten haben in der hinteren Hälfte des Labyrinths ihren Sitz, wo unterhalb des Utriculus der Sacculus liegt, welcher bei höheren Wirbeltieren zur Schnecke aufgewunden ist (Fig. 36). Als schalleitende und verstärkende Teile kommen Gehörknöchelchen, Paukenhöhle, Trommelfell, Gehörgang und wohl auch äußere Ohrmuscheln hinzu.

Die chordotonalen Gehörorgane der Insekten erscheinen als Bündel langgestreckter Sinneszellen, die saitenartig unter der Leibeswand ausgespannt durch Schallwellen in Schwingungen versetzt werden dürften. Die tympanalen Gehörorgane (Fig. 37, 38) an Rumpf oder Gliedmaßen der zirpenden Gradflügler sind ein nervöser Endapparat, dem die Schallreize durch eine trommelfellartig verdünnte Hautstelle zukommen, während eine benachbarte Tracheenblase als Resonanzapparat wirkt.

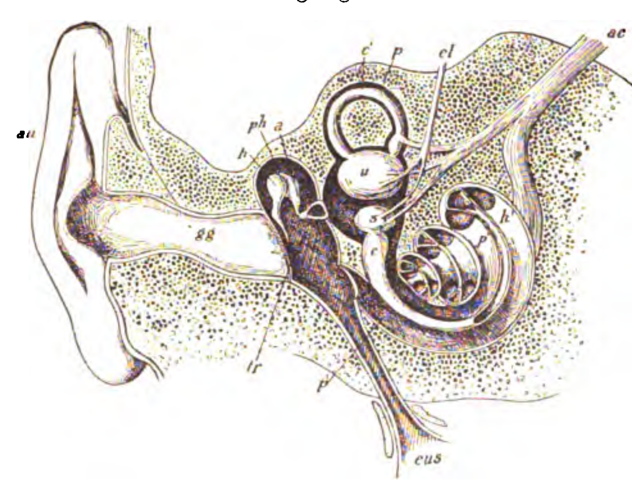


Fig. 36. Ohr des Menschen im Durchschnitt. a Ambos, ac Hörnerv, au äußeres Ohr, c Schnecke, c' ein halbzirkelförmiger Kanal (die beiden anderen sind fortgelassen), el Ductus endolymphaticus, eus Eustachische Trompete, gg' äußerer Gehörgang, h Hammer, h', p, p' perilymphatische Räume des Labyrinths, ph Paukenhöhle, s Sacculus, tr Trommelfell, u Utriculus (nach Czermak aus Götte).

§ 34. Sehorgane. Lichtempfindlichkeit, wenigstens als Wahrnehmung von hell und dunkel, erstreckt sich über die ganze Haut mancher augenloser Tiere (Insektenmaden, Regenwurm). Augen als Organe für bildliche Wahrnehmung von Gegenständen bestehen in ihrer einfachsten Form aus lichtempfindlichen Epithelzellen von Stäbchenform, die vereint eine Netzhaut (Retina) bilden (Fig. 39). Vervollkommnung tritt ein durch Anhäufung von Pigment zur Abblendung von Seitenlicht und durch Verdickung der Cuticula über der empfindenden Schicht zu einer lichtbrechenden Linse, deren Wirkung durch einen Glaskörper zwischen Linse und Netzhaut gesteigert werden kann. Einfach gebaute Augen, Augenflecke und augenähnliche Sehorgane finden sich bei Quallen als radiär verteilte Randkörper (Fig. 5), desgleichen bei Seesternen an den Enden der Arme, bei einigen Muscheln in Mehr-

zahl am Mantelrande; Würmer haben sie in wechselnder Zahl und an den verschiedensten Stellen, andere Bilateraltiere, nämlich Schnecken, Gliederfüßler und Wirbeltiere tragen ihre Augen symmetrisch am Kopf. Man unterscheidet neben Augenflecken grubig vertiefte Napfaugen (= Sehgruben) und Blasenaugen, die beiden letzteren mit oder ohne Linse.

Die Akkommodation des Auges geschieht durch Wirkung im Innern des Auges gelegener Muskeln, z. B. des Ciliarmuskels der Vertebraten (Fig. 321), die entweder die Wölbung der Linse verändern oder deren Abstand von der Netzhaut regeln; Wassertiere haben in der Regel ein auf nahe Gegenstände, Landtiere ein auf entferntere eingestelltes Auge. Die Anpassung an verschiedene Lichtstärken geschieht dadurch, daß die über der Linse liegende durchsichtige Hautstelle durch Blenden (Iris) verkleinert oder vergrößert wird. Wo Einrichtungen zur Akkommodation fehlen, beschränkt sich das Sehen auf die Wahrnehmung der Bewegungen von Körpern. Um die Augen selbständig auf verschiedene Gegenstände zu richten, sind bei vielen Krebsen und den Wirbeltieren besondere Bewegungsmuskeln vorhanden, deren Zusammenwirken das körperliche, stereoskopische Sehen ermöglicht (Fig. 343).

Hilfseinrichtungen, welche die empfindlichen Sehapparate vor ungünstigen Einwirkungen zu schützen haben, sind Lider und Nickhaut (Landbewohner, Tintenfische, Haie) Tränendrüsen zum Absondern eines Sekrets, das Fremdkörper von der Augenfläche wegspült, Tränenkanäle zum Ableiten der überschüssigen Flüssigkeit, Brauen und Wimpern zum Auffangen von Schweiß und Fernhalten von Fremdkörpern, Staub, anfliegenden Insekten.

a

Fig. 37. Vorderbein einer Heuschrecke mit Gehörapparat unter dem Häutchen a (aus Kolbe).

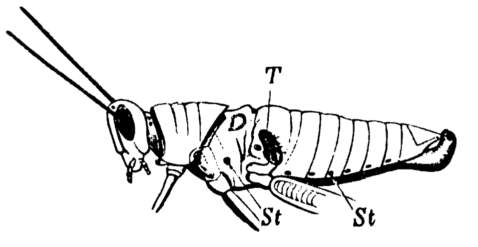



Fig. 38. Feldheuschrecke. St Stigmen, T Trommelfell des tympanalen Gehörorgans (nach Fischer aus Claus).

Die optische Leistung des vervollkommneten Auges entspricht derjenigen einer Camera obscura, gebildet von der mit schwarzem Pigment ausgekleideten

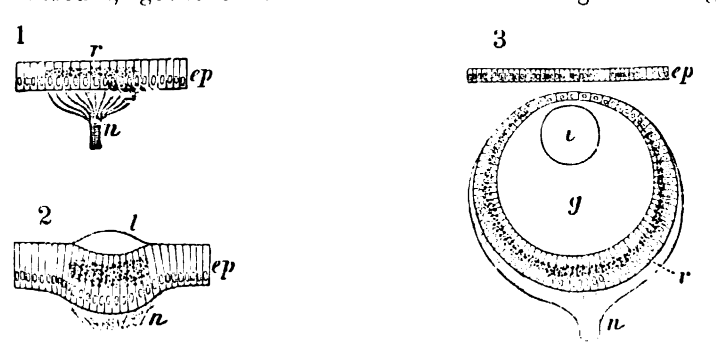



Fig. 39. Verschiedene Formen von Sehorganen, schematisch. 1 Augenfleck, 2 Napfauge mit Linse, 3 Blasenauge mit Linse. n Sehnerv, r Netzhaut, ep Oberhaut, g Glaskörper, l Linse (aus Boas).

Augenkammer, in die Lichtstrahlen nur durch die vordere Linse einfallen können, so daß sie unter Brechung auf der Netzhaut vereinigt werden und verkleinerte, umgekehrte und reelle Bilder äußerer Gegenstände entwerfen. Im Gegensatz hierzu

erzeugen die abweichend gebauten zusammengesetzten Augen, Facettaugen, vieler Gliedertiere aufrechte virtuelle Bilder.

Das stark gewölbte Facettauge ist aus mehr oder weniger zahlreichen (3 bis über 10 000) Kugelsektoren zusammengesetzt, von welchen jeder ein Einzelauge (Omatidium) nach Bau und Funktion darstellt. Die Oberfläche erscheint, entsprechend der gegenseitigen polygonalen Umgrenzung der Omatidien, hexagonal genetzt, facettiert. Jedes Omatidium (Fig. 40, 41) besitzt eine linsenförmig verdickte Chitincuticula, darunter folgt ein von besonderen Zellen ausgeschiedener Kristallkegel, der als Glaskörper wirkt, und eine Gruppe von Sehzellen (Retinula). Sie bilden in ihrem unteren verdickten Teile als eigentliches lichtempfindliches Organ ein Stäbchen (Rhabdom) das selbst wieder aus so vielen Einzelstäbchen besteht als Zellen zur

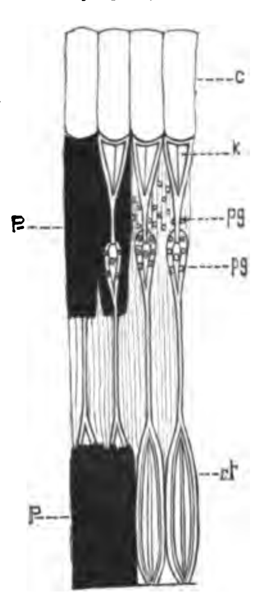



Fig. 40. Drei Ommatidien des Maikäfers, zwei vom Pigment entblößt, c Cornea, k Kristallkegel, p Pigmentscheide, pg Pigmentzellen, rt Retinulae (nach Grenacher aus Kolbe).

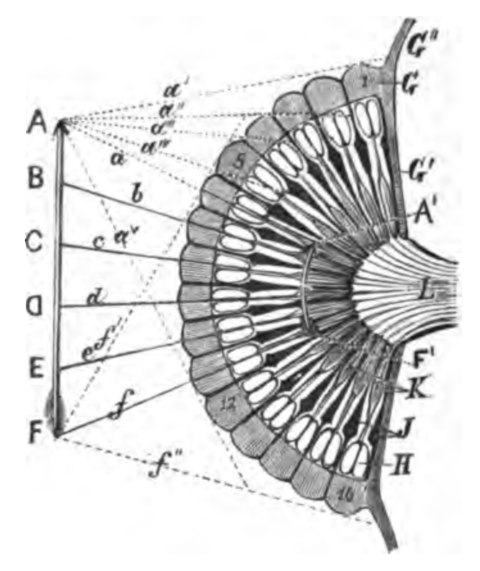



Fig. 41. Schematische Darstellung der Wirkungsweise eines Netzauges. G Hornhaut, übergehend in die Hinterwand der Augenkapsel (G') und in die Kutikula des Kopfes (G''), H Kristallkegel, J Pigment, K Retinulae, L Sehnerv. Erklärung der übrigen Buchstaben im Texte (aus Judeich-Nitsche).

Bildung der Retinula zusammengetreten sind. Pigmentzellen trennen die in allen Teilen Licht durchlassenden Omatidien voneinander; sie sind so angeordnet, daß von den Strahlen, die ein Gegenstand (A—F, Fig. 41) aussendet, nur diejenigen bis zu den Stäbchen gelangen können, die senkrecht als Radien auf die Augenfläche fallen, während die schief auftreffenden von dem Pigment verschluckt werden. So gelangt von allen von der Spitze A ausgesandten Strahlen nur *a* durch Linse und Krystallkegel bis zum Rhabdom *A'*; *a''* bis $a^{IV}$ werden vom schwarzen Pigment ausgelöscht. Dasselbe gilt von den von den Punkten B—F ausgehenden Strahlen, so daß lediglich die Strahlen *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f* in die Tiefe der Einzelaugen bis zu den Retinulae gelangen und hier ein aus sechs Einzeleindrücken zusammengesetztes Bild A'—F' erzeugen, das verkleinert und gekrümmt, aber aufrecht, virtuell ist. Da also die Einzelaugen immer nur einen Punkt des beobachteten Körpers wahrnehmen,

so sehen die Träger von Netzaugen einen Gegenstand zwar nur einmal, aber in Form einer Mosaik aus einzelnen punktartigen Feldern: musivisches Sehen. Da Einrichtungen zur Akkommodation fehlen, kann das Bild nie in allen seinen Teilen deutlich werden, weshalb die Netzaugen wesentlich zum Sehen von Bewegungen geeignet sind.

Infolge von Nichtgebrauch können die Augen im Verlaufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung einer Spezies zurückgebildet werden und sogar verloren gehen, wie bei den im Schlamme (Muscheln) oder unterirdisch (Maulwurf) lebenden, sowie allen Binnenschmarotzern bei Tieren oder Pflanzen (Larven von Fliegen, Rüssel- und Borkenkäfern, Bandwurm, Spulwurm u. a.). Bei Bewohnern dunkler Höhlen, seien sie Land- oder Süßwassertiere, sind alle Uebergänge bis zur Augenlosigkeit zu beobachten (Käfer, Krebse, Fische, Molche); dagegen tritt bei den Geschöpfen der dunkeln Tiefsee neben Augenlosigkeit auch das Gegenteil auf, der Besitz sehr großer Augen, die das von Leuchtorganen stammende Licht wahrnehmen.

§ 35. Geschlechtsorgane. Die ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt als Teilung und Knospung. Sie ist gegenüber der geschlechtlichen Fortpflanzung bei Metazoen selten und auf Coelenteraten, Echinodermen, Würmer beschränkt.

Die geschlechtliche Fortpflanzung besteht darin, daß einzelne Zellen, die Keime oder Geschlechtszellen, vom Körper der Elterntiere abgestoßen werden und sich darauf miteinander vereinigen. Sie sind verschieden in Bau und Eigenschaften; die vom Männchen erzeugten nennt man Samenzellen; die vom Weibchen produzierten heißen Keime oder Eier. Bei den Hohltieren sind Ekto- und Entoderm zur Keimerzeugung befähigt, bei den Cnidarien jedoch nur bestimmte Stellen des Mesenchyms, während bei den Bilateraltieren stets das Mesoderm Ort der Keimbildung ist. Die Geschlechtszellen mancher Würmer entstehen in der Wand der Leibeshöhle, von der sie sich reif geworden ablösen und durch die Nephridien nach außen befördert werden. Meist jedoch sind die Keimlager von der Cölomwand getrennt und mit Ausführungsgängen versehen. Sie werden als Geschlechts- oder Genitalorgane und, je nachdem sie Sperma oder Eier produzieren, als Hoden (Testis) oder Eierstock (Ovarium) bezeichnet. Trotz ihres oft drüsenähnlichen Baues sind sie keine Drüsen. Ihre Anhangsgebilde jedoch treten in Form echter Drüsen auf, deren Absonderung die Keimvereinigung und Eientwicklung fördert (Fig. 42). Dementsprechend tritt zu den Hoden der Samenleiter (Vas deferens) ferner ein Behältnis zur Ansammlung des Samens, die Samenblase (Vesicula seminalis) und Anhangsdrüsen, z. B. die Vorsteherdrüse (Prostata), deren Erzeugnis dem Samen beigemischt wird, um seine Zellen lebenskräftiger zu erhalten

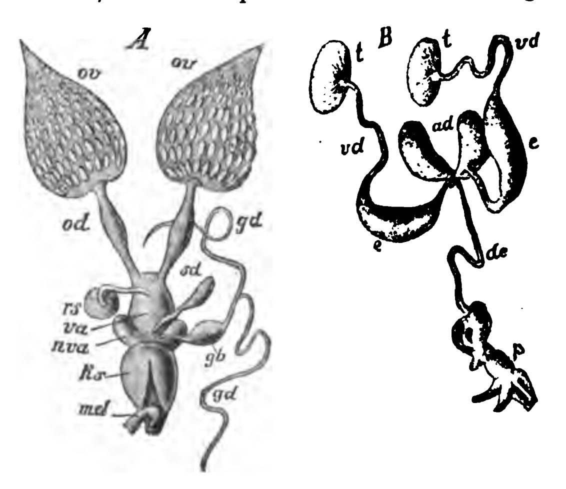



Fig. 42. A weiblicher, B männlicher Geschlechtsapparat der Honigbiene. ov Eierstöcke, aus zahlreichen gekammerten Eiröhren bestehend, od Eileiter, rs Samentasche, va Scheide, nva deren Nebentaschen, ks Kolben des Stachelapparates, md Mastdarm, sd Schmierdrüse, gd Giftdrüsen, gb Giftblase. — t Hoden, vd Samenleiter, e deren erweiterter Teil, de Ductus ejaculatorius, ad Anhangsdrüsen, p Penis (nach Looß aus Lang).

oder solche, die besondere derbe Hüllen (Spermatophoren) um eine größere Anzahl Samenfäden bilden. Der Endabschnitt des Samenleiters besitzt als Ductus ejaculatorius starke Muskulatur zum Ausspritzen des Samens, seine Mündung ist in ein Begattungsorgan, Penis, verlängert, das häufig durch Schwellkörper ausgezeichnet oder durch Chitin und Horngebilde oder Knochen gefestigt ist, um den Samen sicher in die weiblichen Genitalien hineinzuführen.

Analog schließt sich an die Ovarien der Eileiter (Ovidukt); derselbe ist mit Drüsen (Dotterstöcken, Eiweiß-, Schalen- und Kittdrüsen) ausgerüstet, welche Baustoffe zur Ausgestaltung des reifenden oder Klebmittel zur Anheftung des an passende Orte abgelegten Eies liefern. Die Samentasche (Receptaculum seminis) dient als Behältnis für das empfangene Sperma; der Eileiter kann sich zu einem Fruchthälter (Tragesack, Uterus) erweitern, in dem das befruchtete Ei seine Weiterentwicklung durchläuft. Am Endabschnitt finden sich Einrichtungen zur Aufnahme des männlichen Begattungsgliedes in Form einer Scheide oder einer Begattungstasche.

Das Vorhandensein männlicher und weiblicher Geschlechtsorgane in einem und demselben Tierkörper ist bei vielen Wirbellosen die Regel; solche Tiere heißen Zwitter (Hermaphroditen). Alle Plattwürmer, die Regenwürmer, alle Lungen- und Landdeckelschnecken sind Zwitter. Dagegen ist das Zwittertum unter den Wirbeltieren auf die Rundmäuler und einige Knochenfische beschränkt. Bei allen getrennt geschlechtlichen Tieren können ausnahmsweise Zwitter vorkommen, weil die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane auf gemeinsamer embryonaler Basis sich entwickeln und gewisse der Regel nach schwindende Organe ausnahmsweise erhalten bleiben können.

Die Zwitterorgane sind sehr mannigfach. Die Möglichkeit der Selbstbefruchtung ist bei einzelnen zwitterigen Tiergruppen vorhanden (Bandwürmer), doch ist sie gewöhnlich dadurch verhindert, daß die männlichen und weiblichen Geschlechtsprodukte nicht gleichzeitig reif werden; oder die Befruchtung ist, wie bei Pulmonaten und Regenwürmern eine gleichzeitig wechselseitige.

Die Vereinigung von Samen- und Eizellen, die Befruchtung, geschieht im einfachsten Falle dadurch, daß beide ins Wasser entleert werden; eine solche äußere Befruchtung findet außer bei vielen wirbellosen Seetieren auch bei den meisten Fischen und bei Froschlurchen statt. Die innere Befruchtung, die Einführung des Samens in die weiblichen Geschlechtswege, erfolgt bei der Begattung (Copula) durch den Penis, der hinsichtlich seiner Form im allgemeinen der Scheide angepaßt ist, vielfach mit besonderen Reizorganen wie Hornpapillen, Stacheln versehen ist, um zur Sicherung der Befruchtung einen lebhaften Erregungszustand der weiblichen Genitalien hervorzurufen. Die Uebertragung des Spermas erfolgt nicht selten durch andere Körperteile, meistens Gliedmaßen, zumal wenn der Samen mit einer Spermatophore umhüllt ist. Der männliche Flußkrebs gebraucht die zu Rinnen umgestalteten beiden ersten Bauchfußpaare, Spinnen die löffelartigen Kiefertaster, die Kiemensumpfschnecke (*Paludina vivipara*) den umgebildeten rechten Fühler, die Haifische einen abgegliederten Teil der Bauchflosse. Bei Tintenfischen wird einer der Fangarme („Hektokotylus") zur Uebertragung der Samenpakete benutzt. Häufig löst sich derselbe mit Spermatophoren beladen vom Körper los, schwimmt eine Zeitlang selbständig sich bewegend frei im Wasser umher, dringt endlich in die Mantelhöhle eines Weibchens ein und überträgt den Samen.

Bei Wassermolchen und Feuersalamandern setzt das Männchen den gallertigen Spermatophor auf den Boden des Gewässers ab, das Weibchen tritt darüber



und hebt mit seiner Kloake den Samen ab. Die Spermatophoren mancher Würmer werden durch die Körperhaut des Weibchens an beliebiger Stelle eingebohrt, die Samenfäden gelangen in die Leibeshöhle und zu den Eiern; bei Rotatorien dringt der Penis durch die Haut und spritzt das Sperma in die Leibeshöhle des Weibchens. Als Hilfsmittel zur Einleitung der Begattung sei schließlich noch der „Liebespfeil" der Lungenschnecken genannt, ein zierliches Kalkgebilde, das in dem „Pfeilsack" einer besonderen Anhangsdrüse der Genitalien (Fig. 241) erzeugt und zu Beginn der wechselseitigen Copula hervortritt.

Hervorzuheben ist, daß die Männchen und Weibchen zu gleicher Jahreszeit einmal oder mehrmal im Jahr fortpflanzungsfähig sind, daß bei manchen Tieren aber die Männchen früher geschlechtsreif werden oder früher aus der Puppe erscheinen (Lophyrus) als ihre Schwestern (Proterandrie).

Die Entwicklungsgeschichte lehrt, daß dieselben Organe bei verschiedenen Tieren einen gleichen Ursprunges aus früh sich sondernden Embryonalzellen nehmen, wiewohl ihre Form und ihr Gebrauch mannigfache Wandlungen erfahren können. Solche Organe werden als homologe bezeichnet. So sind der Arm des Menschen, das Vorderbein eines Huftieres, die Vorderflosse des Walfisches wie auch der Vogelflügel sämtlich aus derselben Grundlage, der vorderen Extremität der Wirbeltiere, hervorgegangen, und nur der abweichende Gebrauch hat sie einander unähnlich gemacht; sie sind also homologe Bildungen. Anderseits kann die Beanspruchung zu der gleichen Verrichtung verschiedenartige Organe in ähnlicher Weise ausgestalten, die dann analoge Bildungen heißen. Obgleich z. B. die Schwanzflosse eines Walfisches und eines Lachses sich sehr ähneln und demselben Zwecke des Schwimmens dienen, sind sie ganz verschiedener Entstehung, ebenso die Lunge eines Wirbeltieres und einer Schnecke, denn jene ist eine Ausstülpung des Darmes, diese eine Einstülpung der äußeren Haut.

§ 36. Homologie, Korrelation, Anpassung, Konvergenz und Funktionswechsel der Organe. Die Organe des Tierkörpers sind nach Gestalt, Größe und Lage, sowie nach ihrer Funktion einander angepaßt, stehen also in einem Abhängigkeitsverhältnis zueinander, in der Art, daß z. B. die außerordentliche Vergrößerung eines derselben nur auf Kosten anderer Organe geschehen kann, die in ihrer Lage eingeengt und in ihrer Funktion gestört werden. Es kann auch aus der Gestalt eines Organs auf die Gestalt und die Tätigkeit anderer Organe oder des gesamten Organismus geschlossen werden, etwa von der anatomischen Beschaffenheit des Magens und Darmes auf das Gebiß, von der Form des Schwanzes auf die Gestalt des Flügels. Die Uebernahme neuer Leistungen durch ein Organ setzt die bisher mit diesen oder ähnlichen Leistungen be-

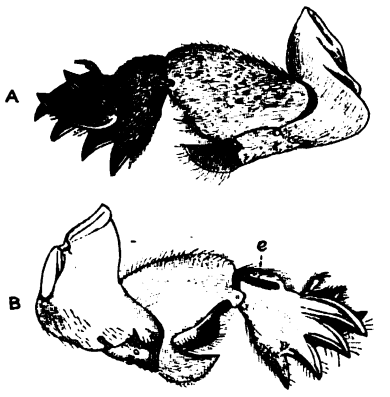



Fig. 43. Vorderbein von Gryllotalpa vulgaris. A Außen-, B Innenseite, e Ohröffnung (aus Sharp).

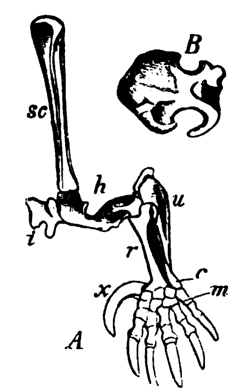



Fig. 44. A Vorderextremität von Talpa europaea; sc Schulterblatt, l Schlüsselbein, h Oberarm, r Speiche, u Elle, c Handwurzel, m Mittelhand, x Sichelbein. B Oberarm in der Flächenansicht (aus Hayek).

trauten Organe außer Tätigkeit und ändert dadurch auch deren gewebliche Eigenart. Die Organe stehen also in einem Wechselverhältnisse zueinander, das allen Aenderungen gegenüber die Herstellung eines Gleichgewichtszustandes im Orga-

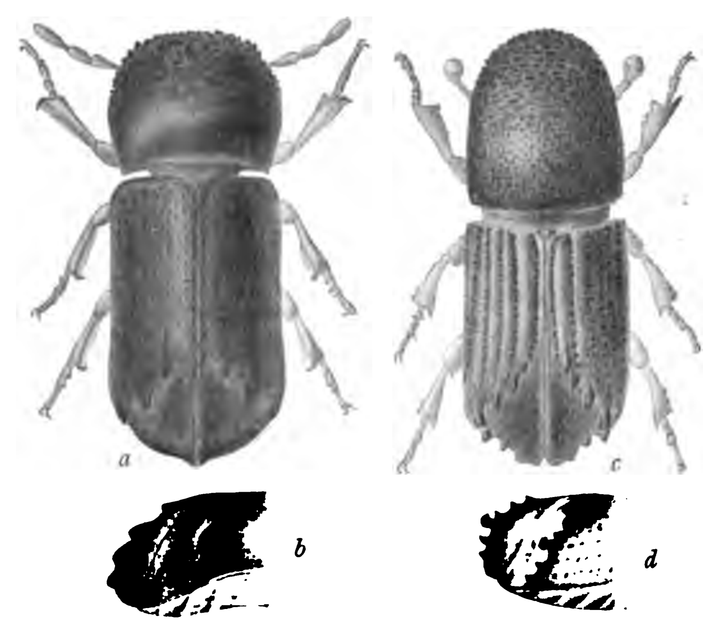



**Fig. 45. a Xylothrips religiosus, eine Ligniperdide; b Absturz. c Ips sexdentatus, eine Ipide; d Absturz.**

nismus anstrebt; man nennt dies Wechselverhältnis die Korrelation der Organe.

Tritt ein Wechsel in den Lebensbedingungen (Klima, Pflanzenwuchs, Feinde) ein, so kann eine Tierart nur dann erhalten bleiben, wenn sie sich den neuen Verhält-

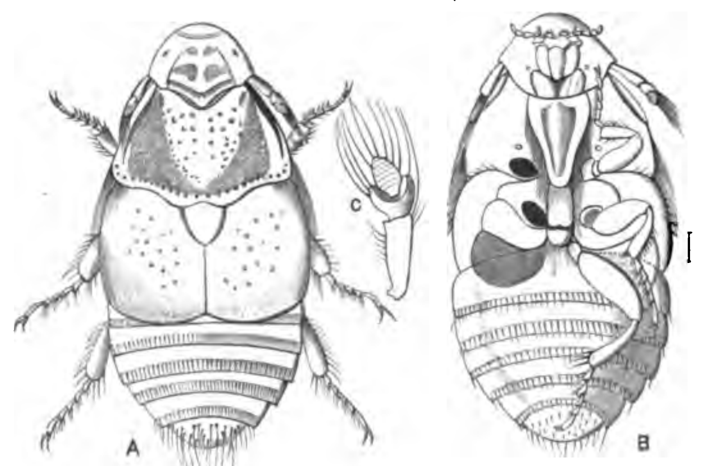



**Fig. 46. Platypsyllus castoris. A von der Ober-, B von der Unterseite, C Fühler (nach Westwood aus Sharp).**

nissen anzupassen vermag. Den Verhältnissen moderner Waldwirtschaft hat das Rotwild sich anzupassen verstanden, indem es schälen lernte; die Wachtel wird infolge intensiven Hackfeldbaues in Deutschland selten, weil sie sich den veränderten Verhältnissen bis jetzt nicht anpassen konnte. In Südrußland hat sie

abgenommen, weil nach intensiver Bekämpfung der Ziesel, die auf diese angewiesenen Raubvögel sich den veränderten Lebensbedingungen insofern anpaßten, als sie statt der Nager, die Wachtel zu verfolgen gelernt haben.

Organe von ursprünglich mannigfaltiger Leistungsfähigkeit können bei der Beschränkung auf bestimmt umschriebene Verrichtungen Umwandlungen erfahren, die schließlich fast nur eine einseitige Verwendung zulassen: Diese Anpassung eines Organs an eine ganz beschränkte Leistung kann dazu führen, daß es aus der Reihe typischer Merkmale einer ganzen Reihe unter sich verwandter Tierformen heraustritt und eine rein adaptive Form und Eigenschaft erhält, die es nur für besondere Zwecke geeignet machen. Eine derartige Anpassung kann infolge gleicher biologischer Ansprüche an ein bestimmtes Organ bei einander ganz fernstehenden Tieren vorkommen. Die Vorderbeine des Maulwurfs und der Werre haben sich durch dieselbe Beanspruchung im gleichen Sinne ausgebildet (Fig. 43 u. 44). Das Aehnlichwerden ursprünglich ungleichartiger Organe, welche dieselbe Funktion zu erfüllen haben und in Anpassung an diese einander ähnlich werden, nennt man Konvergenz.

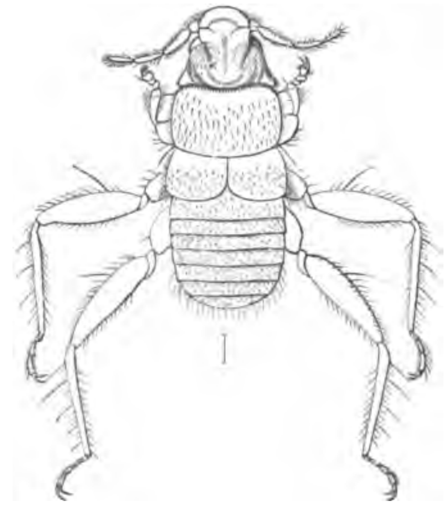


Fig. 47. Polyctenes fumarius (nach Westwood aus Sharp).

Derartige Konvergenzerscheinungen können auf dem Wege der Korrelation der Organe so weit gehen, daß Organismen in ihrem Gesamtbilde einen hohen Grad durch Adaption gewonnener Aehnlichkeit erreichen, z. B. viele im Holze wohnenden Käfer. Sowohl bei der Familie der *Ligniperdidae*, die zu den *Diversicornia* mit fünfgliedrigen Füßen gehört, wie bei den Borkenkäfern (*Ipidae*), welche *Rhynchophora* mit vier Fußgliedern sind, ist das Ende der dem halbkugelrunden Hinterleib aufliegenden Flügeldecken in der Mitte des Absturzes stark eingedrückt (Fig. 45). Die dadurch entstandene vertiefte Fläche ist von den zahnartig verlängerten Enden der Flügelrippen umstellt. Dieser eingedrückte Flügelabsturz wird von den Angehörigen beider Käferfamilien in derselben Weise benutzt, um das beim Ausnagen ihrer Brutgänge im Holze entstandene Bohrmehl rückwärts kriechend zum Einbohrloch zu drängen und herauszuschaffen. Auch ihr übriges Aeußere verkörpert den Einfluß parallelgehender Lebensweise auf den Tierkörper: die walzige Form, das den Kopf schützende Halsschild mit als Raspel ausgebildeter Vorderfläche, die verbreiterten Beinschienen sind beiden gemeinsam.

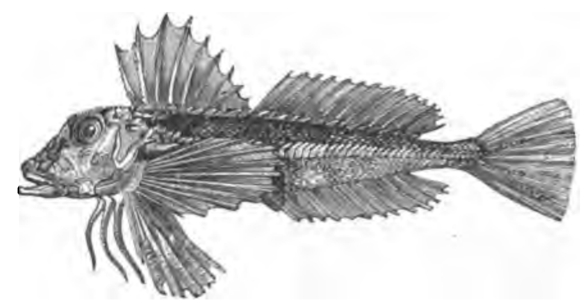


Fig. 48. Trigla (aus Günther).

Zu hohem Grade von Konvergenz kann das Schmarotzertum hinführen, dessen einseitig vorteilhafte Lebensbedingungen korrelativen Verschiebungen besonders günstig sind, wie die Nebeneinanderstellung des auf dem Biber als Parasit lebenden

Käfers *Platypsyllus castoris* (Fig. 46) und des auf Fledermäusen vorkommenden Schnabelkerfs *Polyctenes* (Fig. 47) beweist: beide einander ganz fremde Insekten zeigen Verlust der Flügel, Abplattung des Körpers, Ausbildung von Borstenreihen als Klammereinrichtungen, Umbildung der Mundwerkzeuge infolge der parasitischen Lebensweise.

Neben den Erscheinungen der Anpassung und Konvergenz geht bisweilen auch ein Funktionswechsel der Organe einher, welcher darin besteht, daß von Organen mit scharf begrenzter Funktion Verrichtungen übernommen werden, zu welchen sie ursprünglich in keiner Beziehung stehen und zwar mit geringen oder größeren morphologischen Anpassungen. Als Beispiel reinen Funktionswechsels kann die Tränendrüse eines unterirdischen Nagetieres, des maulwurfsähnlichen Blindmolls (*Spalax*) genannt werden; da ihre ursprüngliche Aufgabe, den Augapfel zu reinigen, infolge Wegfalles der Augen gegenstandslos geworden ist, dient ihr Sekret ausschließlich zum Ausspülen des Staubes aus der Nasenhöhle. Der Knurrhahn (*Trigla hirundo*), ein häufiger Fisch unserer Meere, benutzt die frei gewordenen und verstärkten drei ersten Strahlen seiner Brustflossen zum Kriechen auf dem Boden (Fig. 48); die ursprünglich zum Schwimmen benutzten Flossen sind daher zu einem Gehwerkzeug umgewandelt. Besonders häufig gehen Sinnesorgane einen Funktionswechsel ein: die Nase des Elefanten wurde als muskulöser Rüssel ein Greifwerkzeug; die langen Fühler der Landwanze (*Ploiaria vagabunda*) werden zum Laufen, die der Mauerassel (*Oniscus muralis*) zum Aufrichten des umgefallenen Tieres benutzt; das Endglied der Fühler eines südamerikanischen Bockkäfers (*Onychocerus*) ist ein Giftstachel geworden, mit dem der Träger empfindlich sticht.

§ 37. Fortpflanzung. Neben der Selbsterhaltung ist Hauptzweck des tierischen Individuums die Erhaltung seiner Art durch Fortpflanzung. Letztere besteht darin, daß das Individuum einen Teil seiner Leibesmasse zum Aufbau eines neuen Einzelwesens, seines Jungen, verwendet. Die Fortpflanzungsfähigkeit, Geschlechtsreife, erreichen die Tiere in einem gewissen Lebensalter, viele nur einmal, um nach kurzer Fortpflanzungszeit zu sterben (Kiefernspinner), bei anderen kann sie länger dauern (*Hylobius*, Borkenkäfer), bei langlebigen höheren Tieren wiederholt sie sich in regelmäßiger Wiederkehr (Brunftzeiten des Wildes).

Es werden zwei Arten der Fortpflanzung unterschieden, die multizellulare und die unizellulare.

Bei der multizellularen Fortpflanzung geht die Bildung des neuen Individuums von mehreren untereinander verbundenen Zellen des Elterntieres aus, und vollzieht sich durch Teilung oder Knospung.

Jede Teilung, die ein Tier in zwei lebensfähige Stücke zerlegt, ist mit einer Regeneration verbunden, d. h. mit dem Ersatz des jedem Teilstück verloren gegangenen Körperabschnittes durch Neubildung.

Die Knospung ist diejenige Form der Teilung, bei welcher an einer Stelle des Tierkörpers (*Hydra*, Fig. 49) Tochterindividuen entstehen, die sich loslösen und selbständig werden, oder mit dem Muttertier vereinigt bleiben und mit diesem einen Tierstock (*Cormus*) bilden.

Als Regeneration wurde eben die Fähigkeit bezeichnet, auf natürlichem Wege bei der Teilung verloren gehende Teile durch Neubildung zu ersetzen. Regeneration tritt auch ein, wenn durch äußere Zufälle Körperteile verloren werden. Protozoen können Teilstücke regenerieren, wenn sie nur einen Teil des Kernes enthalten, *Hydra* und andere Polypen, Seesterne, Würmer sind in hohem Maße regenerationsfähig. Tritonen ersetzen verlorengegangene Extremitäten, Eidechsen den

Schwanz, auch die Vernarbung von Wunden fällt unter die Regenerationserscheinungen.

Das Wesentliche der unizellularen Fortpflanzung besteht darin, daß sich eine Zelle vom mütterlichen Leibe loslöst, ein selbständiges Dasein zu führen beginnt, worauf sie durch vervielfältigte Teilung zu einem neuen Einzelwesen auswächst. Diese Art der Vermehrung wird meist die „geschlechtliche" genannt, doch trifft die physiologische Grundlage dieser Bezeichnung, daß geschlechtlich getrennte Elterntiere dabei zusammenwirken müßten, durchaus nicht immer zu. Die häufigste Form der unizellularen Fortpflanzung ist die zweigeschlechtliche (gamogenetische, digene), bei der eine weibliche Genitalzelle, das Ei, mit einer männlichen, Samenzelle, verschmilzt und dadurch befruchtet wird. Die unizellulare Fortpflanzung findet sich bei fast allen Metazoen, so daß sie in ihrer typischen Form als ein Kennzeichen dieser gelten darf.

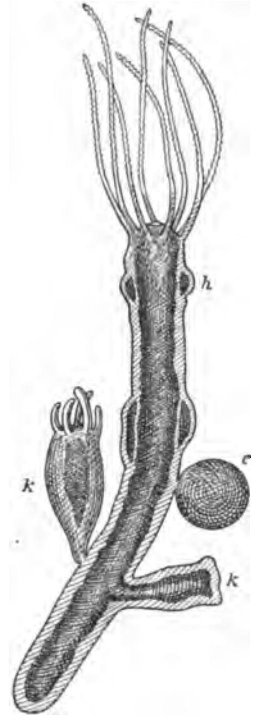


Fig. 49. Hydra mit Knospen (k) und einem Ei (e); h Hoden (aus Götte).

In den Ovarien bilden sich die Eier in Keimlagern, die aus gleichförmigen Ureizellen (Ovogonien) bestehen. Im einfachsten Falle wird eine Ureizelle ohne die Mitwirkung anderer Zellen zum Ei (solitäre Eibildung), die Zellhaut stellt die primäre Eihülle dar; meistens aber wird das Ei unter Mitwirkung benachbarter (Ei-)Zellen des Keimlagers gebildet, die dann selbst nicht zu Eiern werden (alimentäre Eibildung). Solche Zellen sind die Follikelzellen, die mit epithelialer Lagerung ein Säckchen (Follikel) um die werdende Eizelle bildend sie ernähren; bisweilen scheiden sie noch eine besondere Hülle, das Chorion, aus, welches als harte Schale der Insekteneier bekannt ist. Bei der Eibildung können ferner Nährzellen beteiligt sein als einzelne große, dem Ei angelagerte Zellen, aus denen jenes seine Baustoffe bezieht; sie sind namentlich den Insekten eigen. Außer der sekundären Eihülle (Chorion) kann das Ei auch tertiäre führen, wie Eiweiß, Gallerte und Schalen. Diese werden ihm von den Drüsen der Leitungswege geliefert, die es nach seinem Austritt aus dem Ovarium passiert. Ihr Zweck ist Schutz zu gewähren gegen äußere Einflüsse (Austrocknen, mechanische Einwirkungen), weshalb die im Wasser abgelegten zartere Hüllen besitzen, als die hartschaligen Eier der Landwohner. Bei Insekten und Fischen besitzen die Eihüllen Mikropylen, d. h. besondere Oeffnungen für den Eintritt der Samenzellen (Fig. 114). Wenn die Eier gleichzeitig in Mehrzahl gelegt werden, sind sie, ebenfalls zum Schutz gegen Austrocknen oder zu starke Befeuchtung, oft in Kapseln (Kokons, Ootheken) aus erhärtetem Schleim mit Fremdkörpern untermischt, untergebracht. Die vielfach von gallertigem Schleim miteinander verklebten Eier von Wassertieren heißen Laich.

Die Bildung der Samenzellen geht, der ursprünglichen Gleichheit beider Keimarten entsprechend, ganz analog der Eibildung vor sich, da sie aus den Ursamenzellen (Spermatogonien) der Keimlager entstehen.

Die Männchen und Weibchen besitzen in den zur Begattung notwendigen Organen primäre Geschlechtsmerkmale (Sexualcharaktere). Häufig treten auch sekundäre Geschlechtscharaktere auf, welche einen Geschlechtsdimorphis-

mus bedingen. Er entspringt aus der Arbeitsteilung beider Geschlechter bei der Fortpflanzung, welche dem Männchen das Aufsuchen, Werben und Festhalten des Weibchens (Daumenschwielen des Frosches, Saugscheiben der Schwimmkäfer) und nicht selten die Verteidigung der Nachkommen, dem Weibchen deren Erzeugung, Unterbringung und Pflege auferlegt. Daher ist das stärkere Geschlecht vielfach ausgezeichnet durch Mittel zum Festhalten des Weibchens. Die Körpergröße ist dagegen kein allgemeines Merkmal: weibliche Raubvögel und Schmetterlinge, männliche Hirsche, Hühner sind die größeren, oft sind die Männchen zwerghaft klein (Fig. 57). Geweihe, Hauer, Sporen, Mähnen des Männchens sind Schutz- und Trutzwaffen gegen Nebenbuhler und Feinde; Auszeichnungen wie Körperanhänge, Hautlappen, Schmuckfedern, Prachtfarben lassen es vielfach als das schönere erscheinen; Flugorgane und Sinneswerkzeuge, wie Fühler und Augen, sind bei männlichen Insekten stärker entwickelt; viele männlichen Vögel sind durch ihre Stimmen ausgezeichnet. Spiele, Balz und Kämpfe der Männchen sind oft ein Ausfluß der Erregung. Durch Kastration geht das Männchen auch seiner sekundären Geschlechtscharaktere verlustig oder entwickelt sie zu Mißbildungen (Perückenbock). Dagegen ist das Weibchen vielfach schwerfälliger, ja völlig unbeweglich, weil mit Mengen von reifenden Eiern gefüllt, dafür aber bei Wirbellosen vielfach langlebiger; es pflegt körperliche Einrichtungen zur sicheren Unterbringung der Eier zu besitzen wie Legebohrer und Legeröhren oder im eigenen Körper Bruträume, in denen sich die Eier oder auch die aus ihnen entstehenden Jungen weiterentwickeln (Uterus)..

Falls vom Weibchen Eier abgesetzt werden, heißt dies ovipar, falls lebendige Junge geboren werden, vivipar und, wenn die Jungen sofort nach dem Legen der Eier die Eihüllen sprengen, ovovivipar.

Die Zahl der Männchen und Weibchen ist im allgemeinen ziemlich gleich, doch kommt bei Lyda nur 1 Weibchen auf 1000 Männchen, umgekehrt bei Anisandrus dispar auf 4 Weibchen 1 Männchen, bei Xyloterus saxeseni auf 30 Weibchen 1 Männchen.

Aus der gamogenetischen Art der Fortpflanzung leitet sich die parthenogenetische (agame Fortpflanzung, Jungfernzeugung) durch Fortfall der Befruchtung ab, sie ist also dadurch charakterisiert, daß die von dem Weibchen produzierten Eier ohne durch zutretendes Sperma befruchtet zu sein, entwicklungsfähig sind. Sie ist auf die Wirbellosen beschränkt und besonders häufig bei Gliederfüßern, namentlich Insekten (Gallwespen, Bienen, Blattläusen). Als Paedogenese findet sie schon im Larven- oder Puppenstadium bei einigen Zweiflüglern (Fig. 50) und den Saugwürmern statt, so daß hier die Fortpflanzungsfähigkeit als Frühreife schon vor Erreichung des körperlichen Wachstumsstufe eintritt, die sonst das Tier als erwachsen, d. h. geschlechtsreif und fortpflanzungsfähig, bezeichnet. Die Gallmückengattung Miastor erzeugt als Larve eine neue Larvengeneration, gewisse Zuckmücken (Chironomus), deren rote Larven im Wasser leben, können als Puppen Eier legen. Diese Frühreife ist mit dem Tode des sich fortpflanzenden Individuums verknüpft.

Endlich gibt es geschlechtslose Individuen bei Arten, die sich sonst geschlechtlich fortpflanzen; ihre Geschlechtsorgane sind auf unreifer Stufe stehen geblieben, verkümmert, eine Erscheinung, die mit stärkerer Entwicklung andrer Organe, etwa jener der Ernährung, einhergeht. Solche Individuen treten bei stock- und staatenbildenden Tierformen auf (Coelenteraten, Salpen, Bienen, Ameisen, Termiten).



Die erzeugte Brut ist nach Form und Eigenschaften den Eltern gleich, eine Tatsache, die man als Erblichkeit bezeichnet. Doch zeigt die Vermehrung der wirbellosen Tiere nicht wenige Fälle, in denen diese Gleichheit unterbrochen ist durch das Auftreten einer anders gearteten Brut oder ganzer Folgen solcher, so daß erst nach mehreren Generationen wieder Abkömmlinge erscheinen, die den ursprünglichen Ahnen gleichen. Auf dieser Einschaltung unähnlicher Bruten zwischen übereinstimmende beruht die zyklische Fortpflanzung, die in zwei Formen, dem Generationswechsel und der Heterogonie, auftritt. Beim Generationswechsel (Metagenese) wechselt eine gamogenetische Generation mit einer oder mehreren multizellular sich fortpflanzenden mehr oder minder regelmäßig ab. Diese letzteren sind und bleiben von den Geschlechtstieren nach innerem und äußerem Baue verschieden, manchmal sind sie ihnen sogar ganz unähnlich; sie erzeugen durch Teilung oder Knospung entweder Geschlechtstiere oder neue sich ungeschlechtlich vermehrende Bruten, deren letzte sich gamogenetisch fortpflanzt und damit den Fortpflanzungszyklus schließt. Generationswechsel ist Regel bei Cnidarien, Salpen und Bandwürmern, von denen ein Hundebandwurm *(Taenia echinococcus)* erwähnt werden möge. Dieser Parasit lebt in der gamogenetischen Form als Bandwurm im Darme des Hundes: die aus jener entstandenen Larven von Zwischenwirten (andere Haustiere, Menschen) aufgenommen werden, worauf sie in deren Lunge oder Leber zu Finnen, d. h. häutigen Blasen werden. In diesen Blasen knospen Tochter- und Enkelblasen (Fig. 76), und in diesen entstehen wieder durch Knospung die künftigen Geschlechtsformen, die nach Uebertragung auf einen Endwirt zur Reife auswachsen; damit ist der Generationskreis geschlossen.

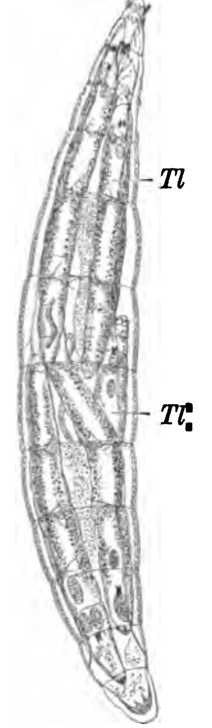


Fig. 50. Larve von Miastor. Tl Tochterlarven (nach Pagenstecher aus Claus).

Die Heterogonie besteht in einem Wechsel von gamo- und parthenogenetischen Generationen, welch letztere gewöhnlich mehrfach aneinander gereiht sind und sowohl im Aussehen wie in den Lebensverhältnissen stark von den ersteren abweichen. Heterogonie ist bei den Saug- und Rundwürmern und vielen Hymenopteren (Gallwespen) und Rhynchoten (Blattläusen) verbreitet. Unter den Gallwespen wechselt z. B. *Biorhiza aptera* regelmäßig eine gamogenetische Generation (Männchen und Weibchen) mit einer morphologisch und oekologisch ihr ganz unähnlichen, nur agam sich fortpflanzenden Weibchengeneration; die Geschlechtsgeneration entsteht aus Terminal-Gallen an Eichentrieben, die agame unterirdisch an den Wurzeln. Verwickelter ist die Heterogonie bei den Blattläusen, wo regelmäßig mehrere aufeinanderfolgende parthenogenetische Bruten zwischen zwei gamogenetische eingeschoben werden. Bei Afterblattläusen *(Chermes)* verläuft die Heterogonie mit einem Wirtswechsel und einer Teilung einzelner Generationen in Reihen mit biologisch verschiedenem Verhalten. (Vgl. *Chermes abietis* im speziellen Teil.)

Viele höhere und niedere Tiere begnügen sich nicht damit, ihre Lebensaufgabe, die Erzeugung von Nachkommen, zu erfüllen, sondern üben dadurch eine besondere Brutpflege aus, daß sie deren Fortkommen im Ei- und Jugendzustande durch besondere Fürsorge für deren Unterkunft, Ernährung und Schutz fördern. Fast immer befaßt sich die Mutter mit der Brutpflege, indem sie wenigstens die Eier in

der Erde, unter Rinde usw. verbirgt oder sie an solchen Orten ablegt, wo die auskommende Brut gleich zusagende Nahrung vorfindet; dazu gesellen sich besondere Arbeiten, wie die Anlage von Nestern (viele Säuger, fast sämtliche Vögel), Brutgängen (Borkenkäfer) und Wachszellen (Bienen) oder die Behandlung der Nahrung, um sie zum Futter geeignet zu machen (Aspenböckchen, blattrollende Rüsselkäfer). In anderen Fällen bewacht das Weibchen die Eier bis zum Ausschlüpfen oder trägt sie und selbst noch die Brut mit sich herum (Spinnen, Flußkrebs), wofür an seinem Körper besondere Einrichtungen vorhanden sein können: Wabenzellen in der Rückenhaut bei der surinamischen Wabenkröte *(Pipa)*, Beutel der *Marsupialia*. Weit stärker noch betätigt sich der Trieb zur Brutpflege, wenn die Jungen von beiden Eltern gefüttert, erwärmt, geführt werden, was bei Vögeln und Säugetieren bis zum Menschen die höchste Steigerung erfährt. In einer Anzahl von Fällen ist es umgekehrt das Männchen, dem die Brutpflege allein obliegt; seltener bei Wirbellosen, häufiger bei Fischen und Fröschen. Tropische Wasserwanzen *(Zaitha)* erhalten die Eier vom Weibchen auf die Flügeldecken gestrichen. Seepferdchen tragen die Eier in einer Bruttasche am Bauche bei sich; der Stichling bewacht seine Brut in einem selbstgebauten zierlichen Nestchen; andere führen die Jungen und nehmen sie bei Gefahr in ihre Mundhöhle auf (Maulbrüter). Baumfrösche führen den Laich im Kehlsacke oder in Hauttaschen auf dem Rücken mit sich. Die Warmblüter liefern nur wenige Beispiele, wo das männliche Geschlecht (Wassertreter und Strauße) die Eier bebrüten und die Jungen führen.

§ 38. Eireife, Befruchtung und Entwicklung. Sobald die Eizelle als solche ausgebildet ist und das Keimlager verlassen hat, kann sie sich vermehren und zu einem neuen Einzelwesen auswachsen, ihre Entwicklung durchlaufen. Doch gehen dieser stets Veränderungen im Kernaufbau voraus, Reifeerscheinungen, welche in der Ausstoßung der Polzellen oder Richtungskörperchen bestehen.

Diese Veränderung hat den Zweck, die chromatische Kernsubstanz im unreifen Ei, der sog. Eimutterzelle, auf die Hälfte zu vermindern und zwar geschieht dies auf folgende Weise. Die Zahl der Chromosomen wird durch Kernteilung, ohne daß aber die reifende Eizelle selber zerfällt, auf das Doppelte der für die Körper-(somatischen)zellen der betreffenden Tierart normalen Zahl gebracht. Dann teilt sich die Eimutterzelle in zwei sehr ungleiche Teilstücke, in dem sich von dem Ei ein sehr kleines Richtungskörperchen (Polzelle) zugleich mit der Hälfte des Kernes abschnürt. Dieser Vorgang wiederholt sich und führt zur Ausstoßung einer zweiten Polzelle am animalen Pole (Fig. 51), diese geht ebenfalls verloren; die zweimalige Kernteilung hat die Chromosomenzahl des Eies auf die Hälfte der in den somatischen Zellen vorhandenen Zahl gebracht (Reduktionsteilung). Auch die Samenzelle erfährt während ihrer Reife eine solche Reduktionsteilung und Halbierung der Chromosomenzahl, nur werden aus allen vier Teilstücken lebensfähige Samenzellen. Die Kerne von Ei- und Samenzellen heißen weiblicher und männlicher Vorkern.

Die Befruchtung ist die Kopulation einer Eizelle mit einer Samenzelle. Letztere dringt unter Durchbohrung der weichen Hüllen oder durch die Mikropyle hartschaliger Eier ein und wird dabei von der Eizelle auf einem sich erhebenden Empfängnishügel aufgenommen. Wenn auch mehrere Samenfäden eindringen, gelangt doch nur einer derselben zur Vereinigung mit dem Vorkern des Eies, während das Plasma einschließlich der Geißel im Plasma des Eies aufgeht. Männlicher und weiblicher Vorkern verschmelzen miteinander. Diese Vereinigung ist besonders bedeutungsvoll: Die Zellen jeder Tierspezies haben eine ganz bestimmte Anzahl

Chromosomen; durch Ausstoßung der Polzellen war ihre Zahl in der Eizelle auf die Hälfte herabgesetzt worden, ebenso geschah es bei der Spermalbildung. Nun vereinigen sich zwei Zellkerne, jede mit der halben Chromosomenzahl, so daß die konjungierten Kerne, welche nun den befruchteten Kern des Eies bilden, die normale Chromosomenzahl und zwar gleich viele väterlicher und mütterlicher Abstammung besitzen. Da alle späteren Körperzellen von der befruchteten Eizelle entstehen, müssen alle Zellen des Körpers dieselbe Chromosomenzahl besitzen. Die Chromosomen sind das Vererbungsorgan der tierischen Zelle, die Vererbungssubstanz ist das Chromatin. Bei quantitativer Gleichheit ist eine qualitative Verschiedenheit väterlicher und mütterlicher Chromosomen vorhanden, welche nach dem Mendelschen Gesetz [1]) miteinander in Wechselwirkung treten und die Grundlage für die Vererbung väterlicher und mütterlicher Eigenschaften bilden.

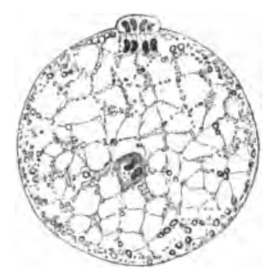


Fig. 51. Ei eines Spulwurms in Reduktionsteilung begriffen. Am animalen Pole ist die erste Polzelle ausgestoßen; nahe dem Zentrum liegt der Kern (aus O. Hertwig).

Der durch die geschilderten Vorgänge entstandene Furchungskern beginnt sich alsbald zu teilen, womit die Furchung des Eies eingeleitet wird. Bei den Fledermäusen tritt zwischen Begattung und Befruchtung, eine mehrmonatliche Pause ein, beim Reh und Dachs eine solche nach der Furchung in der Entwicklung.

Gleichzeitig mit der Teilung des Kernes findet eine Einschnürung, Furchung der Eioberfläche statt, die zur Teilung der Eizelle führt. Diese Teilungen wiederholen sich in gesetzmäßiger Abwechslung. Je nachdem die ganze Masse des Eies der Furchung unterliegt, oder diese sich nur auf einen Teil erstreckt, unterscheidet man eine totale und eine partielle Furchung. Die letztere kann dabei verschiedenartig verlaufen; aber gleichgültig, welche Form des Furchungsvorganges sich abspielt, das Ergebnis ist eine aus Zellen gebildete Kugel. Die im Inneren derselben gelagerten Zellen weichen zentrifugal auseinander, und rücken in die Reihe der außen gelagerten-wodurch sie eine äußere Zellwand, das Blastoderm und einen inneren Hohlraum, das Blastozöl bilden, welche zusammen die einschichtige Keimblase oder Blastula darstellen. Die Blastula ist die früheste Stufe, in der ein Metazoenembryo selbständige Lebensweise annehmen kann; aus ihr entsteht im einfachsten Falle die Gastrula dadurch, daß an der vegetativen Seite der Blastula sich eine Einstülpung bildet, die immer weiter geht, so daß schließlich die sich einstülpende Zellwand sich im Inneren der ursprünglichen Hohlkugel an die Außenwand anlegt. Die beiden aufeinander lagernden Zellschichten werden als Ektoderm und Entoderm bezeichnet; die Oeffnung des neu entstandenen Hohlraums, der Urdarmhöhle, nach außen ist der Urmund. Zwischen Ektoderm und Entoderm legt sich eine dritte mesenchymatische Zellschicht, das Mesoderm, an.

Die sich aus dem Gastrulastadium weiter ergebenden Vorgänge der Entwicklung lassen sich nicht nach gemeinsamem Schema behandeln, vielmehr schlägt jene für die Stämme des Tierreichs und selbst innerhalb dieser gesonderte Richtungen ein. Die weitere Entwicklung beruht jedoch überall einerseits auf ungleich raschem Wachstum der einzelnen Zellgruppen, das zu verschieden starker Flächenentwicklung führt, andrerseits auf der geweblichen Sonderung der ursprünglich gleichartigen Embryonalzellen infolge früh eintretender Arbeitsteilung. Bei mehreren Tierstämmen treten besondere Fötalorgane auf, die während der Ent-

1) Vgl. Abschnitt Botanik.

wicklung als Hilfsorgane dienen und nach ihrem Abschlusse zurückgebildet oder abgestoßen werden, z. B. Dottersäcke, in denen der reichliche Nahrungsdotter allmählich an die reifende Frucht abgegeben wird (Fische, Warmblüter).

Die Tiere, welche die mit der Entwicklung verbundenen Formveränderungen innerhalb der Eihaut durchmachen, gleichen als Junge nach deren Verlassen im

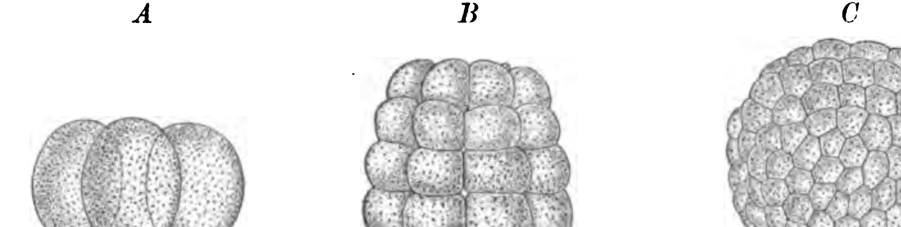



Fig. 52. A, B, C Eifurchung von Amphioxus lanceolatus (aus Rosenthal).

allgemeinen den Eltern (direkte Entwicklung). Freilich haben auch sie noch eine Reihe von Umbildungen zu bestehen, welche in dem verschiedenen Größenverhältnis der Körperteile Neugeborener und Erwachsener zum Ausdruck kommen.

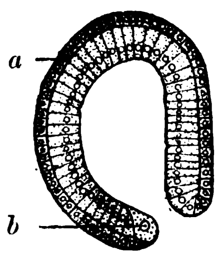
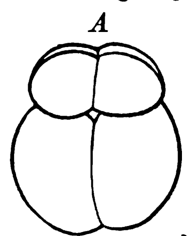
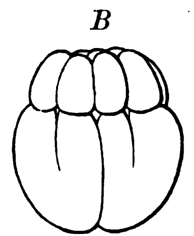
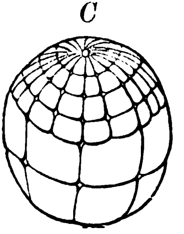



Fig. 53. Gastrula. a Ektoderm, b Urmesodermzelle (aus Rosenthal).

Man vergleiche das Verhältnis von Schädelhöhe und Gesicht bei Säuglingen und Erwachsenen. Viele Tiere aber müssen nach der Geburt noch eine Reihe wesentlicher Formveränderungen durchmachen, ehe sie den Zustand des geschlechtsreifen Tieres erreichen; sie müssen eine Verwandlung oder Metamorphose bestehen. Im allgemeinen hängt der Weg, den die postembryonale Entwicklung einschlägt, von der Ausstattung des Eies mit Nährstoffen ab, so daß Embryonen, die ihren ganzen Bedarf aus vorhandenem Nahrungsdotter decken können oder Ergänzungen vom mütterlichen Körper zugeführt erhalten, meistens direkte Entwicklung zeigen; dagegen neigen die aus kleinen, dotterarmen Eiern kommenden Tiere zur Verwandlung, während der sie das ihnen fehlende Baumaterial durch selbständige Ernährung ergänzen. Diese Verhältnisse stehen auch in Beziehung zur Ver-







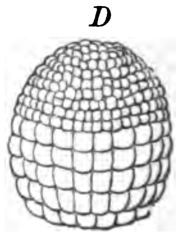



Fig. 54. Vier Furchungsstadien des Eies von Petromyzon (aus Hatschek).

mehrungsfähigkeit, da unter Zugrundelegung gleicher Mengen von Keimmaterial im ersten Falle nur wenige Eier, im andern sehr viele erzeugt werden können. Die Metamorphose führt das ihr unterworfene Junge, die Larve, zur Uebereinstimmung mit dem allgemeinen Typus der betreffenden Tiergruppe. Rückschreitend (regressiv) ist diejenige Metamorphose, die einen Rückgang in der Organisation bedeutet; sie tritt ein, wenn infolge von Anpassung an besondere Lebensverhältnisse in der Jugend vorhandene Organe zurückgebildet werden, so daß sie verkümmern oder ganz schwinden. Besonders auffallend ist sie bei parasitisch lebenden Krebsen (Fig. 57).

Metamorphose ist unter den Wirbellosen sehr verbreitet, z. B. bei den Hohltieren, Würmern, Krebstieren, Insekten, Stachelhäutern und Weichtieren, während unter den Wirbeltieren nur viele Fische und die Amphibien sie aufweisen.

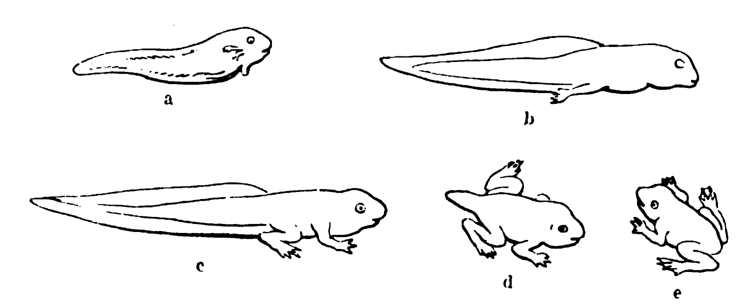



Fig. 55. a—e, Hauptstadien der Metamorphose des Frosches (aus Leunis).

### 4. Verwandtschaft und System. Abstammungslehre.

§ 39. Verwandtschaft und System. Schon im griechischen Altertum führte das Bestreben des menschlichen Geistes, Gegenstände und Begriffe in eine durchdachte Ordnung zu bringen, auch dazu, eine Uebersicht der wahrgenommenen Mannigfaltigkeit der Tiere zu gewinnen. Dies geschah dadurch, daß man die bekannten Formen nach dem Grade der Aehnlichkeit in Gruppen zusammenfaßte und diese nach demselben Gesichtspunkt aneinanderreihte; so wurde der tierischen Formenwelt ein System unterlegt, dessen Abteilungen sich vom weiteren zum engeren einschränkten bis zur Vereinigung der sich am meisten ähnelnden Einzelwesen unter dem Begriffe der Tierart. Bis in die neuere Zeit war es das hauptsächliche Bestreben der Zoologen, möglichst viele Tierarten nach ihren unterscheidenden Merkmalen kennen zu lernen und nach diesen in die Rangstufen oder Kategorien des Systems einzureihen, wobei man die Lehrmeinung festhielt, daß eine bestimmte, wenn auch ungeheuer große Anzahl von morphologisch scharf gegeneinander abgegrenzten Arten geschaffen worden sei. Die Ergebnisse der Entwicklungslehre führten jedoch zu der Erkenntnis, daß die Arten nicht in ewig unveränderter Form bestehen, sondern durch verschiedene Umstände veränderungsfähig sind, daß jetzt lebende Arten Vorfahren mit mehr oder minder abweichenden Eigenschaften besessen haben müssen, und daß ähnliche Arten von gemeinsamen Vorfahren abstammen. Die Aehnlichkeit und Verschiedenheit der Tiere muß daher der Ausdruck einer näheren oder entfernteren Blutsverwandtschaft sein. Man ist daher erfolgreich bemüht, alle Merkmale, die eine Verwandtschaft zwischen mehreren Tierarten andeuten, aufzufinden, um danach ihre systematische Gruppierung vorzunehmen. Da man dazu alle in dem äußeren und inneren Baue, in der Entwicklungsgeschichte und in der Lebensweise zu entdeckenden Züge zu benutzen sucht, ergibt sich, daß die vielseitig arbeitende zoologische Wissenschaft neben speziell zu lösenden Einzelaufgaben als einheitliches Ergebnis ein natürliches System der Tiere liefern muß, das den nachgewiesenen abgestuften verwandtschaftlichen Zusammenhang der Tiere unter sich wiederspiegelt. Da wir jedoch noch weit davon entfernt sind, die gesamte Naturgeschichte aller Tiere erforscht zu haben, und die Bestimmung des Wertes zoologischer Merkmale für die Systematik immer persönliche Ansicht des einzelnen Forschers ist, wird bis in ferne Zukunft das aufgestellte System in vieler Hinsicht der Ausdruck von

Meinungen sein und mit deren Wechsel auch stetige Abänderungen erfahren müssen.

Der direkte Nachweis der Stammes- und Blutsverwandtschaft der Tiere ist durch die Blutserum-Forschung erbracht. Spritzt man einem Versuchstier — Kaninchen — Blutserum eines Menschen ein, so nimmt das Serum dieses Kaninchens besondere Eigenschaften an und wird nach Tötung des Versuchstieres als „Menschenblutkaninchenserum" gewonnen. Dieses Menschenblutkaninchenserum gibt allein mit dem Serum des Menschenblutes einen weißen Niederschlag. Stellt man andere Blutsera dar, so zeigen die Versuche, daß Schweineblutkaninchenserum einen Niederschlag gibt nur in dem Blutserum vom Schwein und einem schwächeren in dem Blutserum (oder in der salzigen Lösung getrockneten Blutes) vom Wildschwein. Pferdeblutkaninchenserum gibt einen Niederschlag in Pferdeblutlösung und einen schwächeren in Eselsblutlösung, mit allen anderen Sera keinen Niederschlag. Entsprechend verhält sich das Serum eines Eselblut-Kaninchens. Fuchsblutkaninchenserum gibt einen Niederschlag mit Fuchsblutlösung, einen schwächeren mit Hundeblutlösung. Hammelblutkaninchenserum gibt einen Niederschlag in einer Hammelblutlösung, einen fast ebenso starken in einer Ziegenblut- und einen etwas schwächeren in einer Rinderblutlösung. Daraus ergibt sich, „daß man imstande ist, die Verwandtschaft verschiedener Tiere im Reagensglas ad oculos zu demonstrieren", und ferner, „daß dem Menschen aus dem gesamten Tierreich die anthropomorphen Affen betreffs der Blutsverwandtschaft am nächsten stehen".

Als Ausdruck engster Verwandtschaft von Einzelwesen nimmt man herkömmlicherweise die Art oder Spezies an. Als Art faßt man alle die Tiere zusammen, welche auf derselben Alters- und Entwicklungsstufe in ihren wesentlichen Merkmalen, den Artkennzeichen, übereinstimmen. Aehnliche und stammverwandte Arten vereinigt der Systematiker wieder zu einer Gruppe höherer Ordnung, der Gattung (Genus), doch ist deren Begrenzung, weil den Ansichten des einzelnen über den Grad der Aehnlichkeit unterworfen, vielfach unsicher. Indem man alsdann die Gruppen immer weiter faßt, gelangt man zu immer höheren Kategorien, wie Ordnung, Klasse, Stamm, die sich allesamt zum Tierreiche zusammenfügen. Die fortschreitende Uebersicht gab jedoch Veranlassung, in diesen Hauptkategorien wieder Gliederungen wie Unterreich, Unterklasse, Tribus usw. vorzunehmen. Die Kennzeichen aller dieser Abteilungen des Systems sucht man in kurzen Worten als Diagnose einander gegenüberzustellen. Diese lateinisch abgefaßten Diagnosen, dienten früher auch als wissenschaftliche Benennungen neben den etwa in jeder Sprache vorhandenen volkstümlichen oder willkürlich gebildeten Namen, doch war dadurch die Verständigung unter den Zoologen verschiedener Zunge und die Uebersicht ungemein erschwert. Diesem Mißstande ist seit Linné abgeholfen worden, indem man jede Tierart mit zwei Namen belegt, deren erster die Gattung, deren zweiter die Art bezeichnet, und dadurch die systematische Stellung eines Tieres zu den beiden engsten Kategorien auf denkbar kürzeste Weise feststellt (binäre Nomenklatur). Die Namen sind lateinische oder latinisierte Worte u. zw. ist der Gattungsname stets ein großgeschriebenes Substantiv, der Artname ein Adjektiv, seltener ein Substantiv und muß stets klein geschrieben werden. Hinter dem Artnamen wird der Name desjenigen in abgekürzter Form beigefügt, der das Tier zuerst unter dem betreffenden Namen beschrieben hat; er gilt als der Autor der Art. Dies geschieht, um Mißverständnissen vorzubeugen, weil es vorkommt, daß ein und dieselbe Art von mehreren Naturforschern verschiedene Namen erhält; z. B. ist der große schwarze Lappenrüsselkäfer von Linné als *Curculio ater*, von Fabri-

cius als *C. niger* bekannt gemacht worden. In solchen Fällen wird nach dem Gesetze der Priorität die älteste Bezeichnung unter mehreren beibehalten, u. zw. gilt laut Uebereinkunft der Zoologen diejenige als die älteste, welche nach dem Jahre 1758, in dem die 10. Ausgabe von Linnés „Systema naturae“ erschien, zuerst mit einer ausreichenden Diagnose veröffentlicht worden ist; jeder später veröffentlichte Name für dasselbe Tier ist dann ein Synonym zu jenem. Andrerseits können zwei verschiedene Tierarten unter demselben Namen von zwei Autoren beschrieben werden, wie es z. B. eine von Linné und von Bechstein beschriebene Eule *Strix passerina* gab; dann wird der jüngere Name, weil er schon verbraucht ist, ungültig; das betreffende Tier wird mit dem ältesten nachweisbaren Namen belegt. *Strix passerina* L. ist: *Glaucidium passerinum* [L.], die Sperlingseule, *Strix passerina* Bechst. ist: *Glaucidium noctua* [Retz.], das Käuzchen.

Für Gattungsnamen gelten dieselben Regeln; auch ihnen fügt man, sobald sie allein, ohne Bezug auf irgend eine Art, aufgeführt werden, den abgekürzten Autornamen an, z. B. *Cossus* F., *Orgyia* Ochsh.; F. bedeutet hier Fabricius, Ochsh. Ochsenheimer. Wenn nachträglich eine Spezies unter ein anderes Genus gestellt wird, als dasjenige war, unter dem sie der Autor beschrieb, so setzt man dessen Namensabkürzung in Klammern; z. B. wird *Curculio abietis* [L], jetzt dem Genus *Hylobius* zugerechnet und heißt deshalb *Hylobius abietis* L. Für die höheren Rangstufen ist es eingeführt, die über der Gattung stehende Sippe (Tribus) nach irgend einem zugehörigen Genus zu nennen, dessen latinisiertem Stamme die Endung *-ini* angehängt wird; weiterhin läßt man entsprechenderweise die Unterfamilie auf *-inae*, die Familie auf *-idae*, die Ueberfamilie tunlichst auf *-oideae* endigen, während die Namen der noch höheren Kategorien willkürlich gewählt werden. Für die angewandte Zoologie bietet die Durchführung der streng geregelten Nomenklatur gewisse nicht zu verkennende Schwierigkeiten; der Hase heißt heute zoologisch Lepus europaeus Pall., nicht mehr Lepus timidus Schreb., denn der Name Lepus timidus L. ist für den Schneehasen von Linné verbraucht; es wird zu erwägen sein, ob nicht allgemein eingebürgerte Namen, trotzdem sie gegen die Regeln des Prioritätsgesetzes verstoßen, besser beizubehalten sind. Um das Verhältnis der am häufigsten gebrauchten Rangstufen zueinander deutlich zu machen, diene folgende Uebersicht unter Zugrundelegung einer Käferart:

Tierreich (Regnum animale)
- Unterreich (Subregnum): Metazoa, Gewebstiere
  - Abteilung (Divisio): Bilateralia, Bilateraltiere
    - Tierstamm (Phylum): Arthropoda, Gliederfüßler
      - Unterstamm (Subphylum): Tracheata, Tracheenatmer
        - Klasse (Classis): Insecta, Kerbtiere
          - Unterklasse (Subclassis): Pterygogenea, Flugfähige Kerbtiere
            - Ordnung (Ordo): Coleoptera, Käfer
              - Unterordnung (Subordo): Polyphaga
                - Ueberfamilie (Superfamilia): Phytophaga
                  - Familie (Familia): Cerambycidae, Bockkäfer
                    - Unterfamilie (Subfamilia): Cerambycinae
                      - Sippe (Tribus): Cerambycini
                        - Gattung (Genus): Cerambyx
                          - Untergattung (Subgenus): Tetropium Vieraugenbock
                            - Art (Spezies): Tetropium luridum (L.) Fichtenbock.

Neuerdings hat sich die Notwendigkeit ergeben, auch der Spezies noch eine weitere Rangstufe zu unterlegen, die Unterart oder Subspezies. Man findet, daß eine Tierart von weiter räumlicher Verbreitung mit den verschiedenen Lebensbedingungen, unter denen sie vorkommt, örtlich abändert, geographische Abarten oder Subspezies bildet, die aber an den Grenzen ihrer Wohngebiete ineinander überzugehen pflegen. Man benennt sie, indem man dem Artnamen ein drittes adjektivisches Wort anhängt. Der Haussperling (*Passer domesticus* [L.]) ist weit verbreitet; er kommt auch in Indien vor, die dortigen Sperlinge sind im Gefieder abweichend von der europäischen Form, sie bilden eine Unterart und werden als *Passer domesticus indicus* Jard. u. Selby bezeichnet.

Kürzlich sind Vorschläge für eine Weiterbildung der Linnéschen binären Nomenklatur gemacht worden welcher darauf abzielen, durch Vorsetzen und Anhängen von Buchstaben, denen eine gewisse Bedeutung beigelegt ist, schon im Namen die systematische Stellung des Tieres und seine Heimat auszudrücken. Man würde danach statt Tetropium luridum L. zu sagen haben: Yctetropia olurida Rhumb.; hierbei bedeutet die Endung a: das Tier ist ein Wirbelloses, der Vorsatz Y: es ist ein Insekt, c: es ist ein Käfer, o: es kommt in Europa vor.

Manche Tierarten werden durch sehr mannigfaltig abändernde Einzelwesen verkörpert, deren artliche Zusammengehörigkeit nur dadurch bewiesen ist, daß sie sich miteinander fortpflanzen und ähnlich variable Nachkommen erzeugen. Solch eine ständig vorkommende Abänderung des Arttypus, die in verschiedener Zahl bei gewissen Spezies auftreten, heißt Varietät (Varietas); der gemeine Mäusebussard (*Buteo buteo*) hat eine schwarze, weiße, braune, gefleckte Varietät. Der Birkenspanner kommt ebenso wie die Nonne in allen Abstufungen von der rein weißen Grundfarbe mit schwarzer Zeichnung bis zur tiefschwarzen Varietät vor, noch wachsender ist die Mannigfaltigkeit in der Färbung des Kiefernspinners. Als Ausartung (Aberratio) wird dagegen eine vereinzelt auftretende und sich meist nicht vererbende Abänderung bezeichnet, etwa weiße und schwarze Individuen (Albinismen, Melanismen) einer gewöhnlich buntgezeichneten Art. Nicht selten sind bei Vögeln Aberrationen, die dadurch entstehen, daß in der Färbung des Gefieders eine Farbe fehlt; bei mangelndem Gelb ist die Singdrossel schwarz und weiß gezeichnet, bei mangelndem Schwarz ist sie fahlgelb.

Im allgemeinen vererben die Arten ihre Eigenschaften rein, indem sich nur die zu jeder gehörenden Individuen untereinander fortpflanzen; doch kommt es auch vor, daß Angehörige verschiedener stammesgeschichtlich blutsverwandter Arten, z. B. Pferd und Esel, Auer- und Birkwild, Karpfen und Karausche, Abendpfauenauge und Pappelschwärmer sich paaren (kreuzen) und Nachkommen, Bastarde, erzeugen, welche Artmerkmale beider Eltern in sich vereinigen. Solchen Bastarden pflegt aber die Fähigkeit zur Fortpflanzung abzugehen. Rückkreuzungen sind häufig fruchtbar, wie die der Maultierstute und Mauleselin mit den Hengsten der Stammform.

§ 40. Abstammungslehre. Der im 17. und 18. Jahrhundert erfolgte Aufschwung der organischen Naturwissenschaften brachte zunächst keine Aenderung der herrschenden Anschauung mit sich, daß die Fülle der bekannten und noch zu entdeckenden Tierarten das Ergebnis einer einmaligen Schöpfung sei, daß ferner die Eigenschaften jeder Art seit ihrer Erschaffung keinerlei Aenderung erfahren hätten, und auch alle von vornherein zweckmäßig für das



Tier angelegt worden seien. Gegen diese Lehre von der Beständigkeit der Arten und ihrer Merkmale (Konstanztheorie) sowie der ursprünglichen Vollkommenheit der Organismen (teleologische Erklärung der zweckentsprechenden Züge) erhoben sich jedoch mit der Zeit Stimmen, die zahlreiche Beobachtungen über die Unbeständigkeit der vermeintlich scharf gesonderten Arten anführten, ja allmähliche Stufenreihen von den einfacher organisierten Tieren zu den höheren erkennen wollten. Klarsten Ausdruck gab diesen abweichenden Ansichten im Anfange des 19. Jahrhunderts Jean Lamarck (1744—1829), indem er eine durchgearbeitete Lehre von der Umwandlung der Arten („Transformismus") lieferte. Nach seiner Ansicht sind die Tierarten in ihren Eigenschaften veränderlich, was im Entstehen von Varietäten zum Ausdruck kommt; diese Varietäten erlangen generationenweise eine immer mehr gesteigerte Verschiedenheit von der Stammart und von einander, bis sie zu selbständigen Arten geworden sind. Als Anlaß zur Entstehung von Varietäten betrachtete Lamarck den Wechsel der Lebensbedingungen, wie er sich für die Tiere im Laufe der geologischen Zeitalter durch Aenderungen in der Verteilung von Land und Wasser, im Klima, in der Nahrung usw. herausstellt und die Tiere zu allmählicher Wandlung ihrer Lebensführung zwingt. Daraus sollen sich weiterhin Aenderungen im Gebrauche der einzelnen Organe ergeben, indem das eine mehr beansprucht und dadurch in seiner Ausbildung gesteigert wird, während das andere immer weniger benutzt wird und dadurch verkümmert. Was sich in der Umgestaltung der Organe kundgibt und mit der Vererbung auf die Nachkommen allmähliche Steigerung erfährt, beruht demnach auf Gebrauchswirkungen. Wenn also nach Lamarcks Anschauung wesentlich aktive Anpassungen des Tierkörpers, hervorgerufen durch Gebrauch oder Nichtgebrauch, die Umwandlung der Arten und zunehmende Vervollkommnung der tierischen Formenreihe bewirken, so versagt andrerseits seine Erklärungsweise gegenüber solchen Erscheinungen, die sich als passive Anpassungen zeigen, nämlich schon vorhanden sein müssen, ehe sie nützen können, aber dem Einflusse von Uebung oder Vernachlässigung gar nicht unterliegen, z. B. die Schutzfarben vieler Tiere.

Gegenüber dem Lamarckismus als Abstammungslehre (Deszendenztheorie, Transmutationslehre) hat sich ein halbes Jahrhundert später eine andere Auffassung des Entwicklungsgedankens viel weitere Geltung verschafft — die von den englischen Naturforschern Ch. Darwin (1809—1882) und A. R. Wallace (geb. 1822) gleichzeitig (1858) veröffentlichte, vom ersteren allerdings am gründlichsten durchdachte Lehre von der Entstehung der Arten durch „natürliche Zuchtwahl" (Darwinismus). Gegründet ist diese Lehre auf die Tatsache, daß kein Einzelwesen irgend einer Art dem andern völlig gleicht, sondern alle durch kleine Züge im äußeren oder inneren Bau oder durch Färbungsunterschiede usw. untereinander abweichen. Da diese Variabilität der Individuen sich auf die Nachkommen vererbt, und diese noch weitere Unterschiede zu den bereits überkommenen erhalten, so weichen schließlich Individuengruppen so weit von dem ursprünglichen Arttypus ab, daß sie deutliche Varietäten darstellen. Derartige Vorgänge lassen sich bei den Haustieren, z. B. den Taubenrassen, beobachten; hierbei gibt den Anstoß zur Varietätenbildung die planmäßige Auswahl des Züchters, der gewisse ihm passend dünkende Elterntiere sich paaren läßt, um in ihren Nachkommen die gewünschten Eigenschaften in bezug auf Aussehen, Leistungsfähigkeit, Schnellwüchsigkeit vereinigt und gesteigert zu sehen. Ein dieser künstlichen Zuchtwahl entsprechender Vorgang der Auslese unter dem vorhandenen Tiermaterial soll nach Darwin auch in der freien Natur bestehen, nur wird hier die Ueberlegung des Züchters durch den „Kampf ums Da-

sein" ersetzt, den die Organismen auf Grund verschiedener Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige Lebensbedingungen und im Wettbewerbe um Raum, Nahrung, Paarungsgelegenheit usw. gegeneinander führen. Zwischen den Varietäten einer Art muß dieser Kampf am heftigsten sein, weil sie unter denselben Daseinsbedingungen stehen und zwar sind die Aussichten auf den Sieg für diejenigen Varietäten am größten, welche zufolge besserer Ausrüstung die Nebenbuhler verdrängen können. Da hiernach alle für den Daseinskampf weniger geeigneten Individuen allmählich ausgemerzt werden müssen, bis nur die lebensfähigsten übrig bleiben, so ist es die natürliche Zuchtwahl oder Auslese (Selektion), die zur immer schärferen Sonderung von Varietäten und schließlich von Arten führt.

Die Abstammungslehre wird durch eine große Reihe von Tatsachen gestützt. Zunächst läßt sich die Mannigfaltigkeit im Bau der Tiere vielfach von gemeinsamen Grundformen ableiten, von denen durch verschiedene Lebensweise die jeweilig zweckentsprechende Umbildung hervorgegangen ist, es sei hierbei an die Gestalt der paarigen Gliedmaßen der Wirbeltiere erinnert. Da ferner die Organisation im ganzen genommen ein Fortschreiten vom einfachen zum höheren, verfeinerten Grade offenbart, so liegt der Schluß nahe, daß die höheren Typen aus niedrigeren Grundformen hervorgegangen seien. Ferner kehren innerhalb größerer Tiergruppen während der Entwicklung gewisse Stufen immer wieder, die mit niedrigeren Formen wesentliche Uebereinstimmung zeigen. Z. B. durchlaufen alle Tiere nach der Eifurchung zunächst das Stadium der Gastrula, wie diese von dem einfachsten Metazoenkreise, den Hohltieren, als fertige Tiergestalt beibehalten wird, oder der Frosch erscheint als Larve zunächst mit dem Bau und der Lebensweise eines Fisches; vielfach treten bei Embryonen solche Organe auf, die mit den Lebensverrichtungen des fertigen Tieres nichts zu tun haben, jedoch bei anderen, niedrigeren Gruppen wichtige Verrichtungen haben, wie die bei den Embryonen aller luftatmenden Wirbeltiere, einschließlich des Menschen, eine Zeitlang vorhandenen Kiemenspalten (Fig. 56). Demnach durchläuft die Ontogenie der Tiere vielfach eine ähnliche Stufenreihe vom Einfachen zum Verwickelten, vom Niederen zum Höheren, wie dies in der Abstufung des Systems ausgedrückt ist; auch die Stammesgeschichte einer Tierspezies, d. h. ihre allmähliche Herausbildung, ist im Laufe der Zeit denselben Weg gegangen, wie ihn die Keimesgeschichte eines jeden ihrer Einzelwesen geht. In kurzen Worten drückt dies Haeckels biogenetisches Grundgesetz aus, wonach

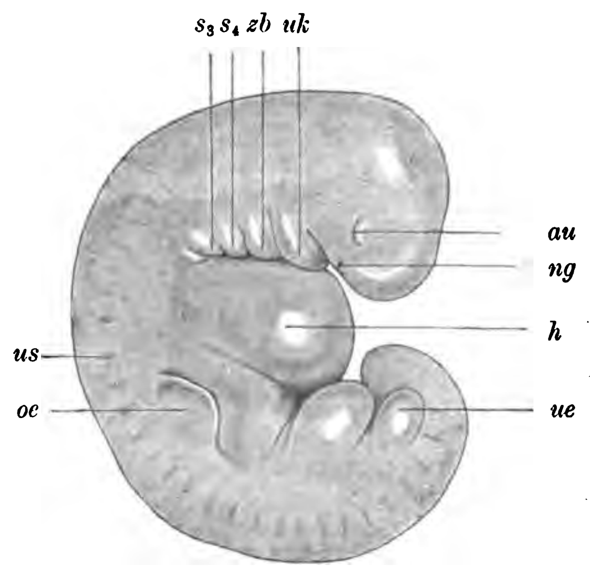



Fig. 56. Sehr junger menschlicher Embryo aus der 4. Woche, 15 fach vergrößert. au Auge, ng Nasengrube, uk Unterkiefer, zb Zungenbeinbogen. $s_3$, $s_4$ 3. und 4. Schlundbogen, h durch die Entwicklung des Herzens verursachte Auftreibung der Rumpfwand, us Grenze zweier Ursegmente, oe, ue obere, untere Extremität (nach Rabl aus O. Hertwig).

die Ontogenie der Art eine kurze Wiederholung ihrer Stammesgeschichte ist — eine Wiederholung freilich, in der viele Züge des ursprünglichen Bildes ausgefallen, andere undeutlich geworden, noch andere neu eingeschoben worden sind.

Zahlreiche Beispiele zeigen, daß die Tiere sich in ihrer Lebensweise an besondere Verhältnisse gewöhnen können. Dasselbe gilt auch von einzelnen Organen des Tierkörpers mit der Erweiterung, daß diese Anpassung an besondere Verhältnisse von Einfluß ist auf die Form und Gestalt dieser Organe. Fleißiger Gebrauch bewirkt die Ausbildung kräftiger Muskeln, große Fertigkeit, wofür der menschliche Körper Beispiele genug liefert. Umgekehrt bewirkt der Nichtgebrauch einzelner Organe, daß sie schwächlich bleiben und nicht zur vollen Ausdehnung und höchsten Entwicklung kommen. In ihrer Entwicklung zurückgebliebene und deshalb weniger brauchbare Organe sind für ihren Besitzer wertlos. Das häufige Vorkommen rudimentärer (verkümmerter) Organe (Blinddarm des Menschen) ist das Ergebnis einer phylogenetischen Veränderung. Da mit veränderter Lebensweise gewissen Organen immer geringere Leistungen zugemutet wurden, nahmen sie von Generation zu Generation an Umfang und Leistungsfähigkeit ab, bis sie sich dem Schwunde näherten. Die Augen zahlreicher Höhlentiere (Käfer, Fische, Amphibien) sind rudimentär, die Beine der holzbewohnenden Insektenlarven, deren Ortsbewegung außerordentlich gering ist, die Flügel der Frostspannerweibchen zeigen deutliche Rückbildung.

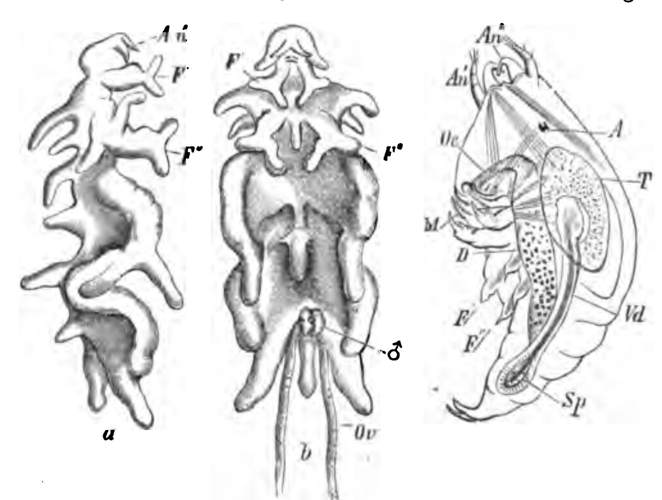



Fig. 57. Die beiden Geschlechtstiere von Chondracanthus gibbosus. ♀ ca. sechsfach, ♂ stark vergr. a ♀ in seitlicher Lage, b dasselbe von der Bauchseite mit anhaftendem ♂, c ♂. An' vordere Antennen, An'' Klammerantennen, F', F'' die beiden Fußpaare, A Auge, Ov Eierschläuche, M Mundteile, Oe Oesophagus, D Darm, T Hoden, Vd Samenleiter, Sp Spermatophore im Spermatophorensack (aus Claus).

Besonders weitgehend ist sie bei Parasiten. Es gibt Fälle, in denen unter sehr günstigen Ernährungs- und sonstigen Lebensbedingungen der weibliche Körper sich schließlich einseitig für die Zwecke der Ernährung und Fortpflanzung umgestaltet, während alle anderen Organe, namentlich jene der Bewegung und Empfindung, zurückgebildet werden, so bei Schmarotzerkrebsen aus der Ordnung der Ruderfüßer (*Copepoda*). Die Weibchen (*Chondracanthus gibbosus* Kroy.) werden nach der Befruchtung zu einem Nahrung saugenden, zahlreiche Eier beherbergenden Brutsack von großem Umfang im Verhältnis zu den normal bleibenden Männchen (Fig. 57). Eine weitere Erscheinung des Dimorphismus ist der Unterschied beider Geschlechter in der Färbung. Es ist kein Grund zu zweifeln, daß Männchen und Weibchen einer Art ursprünglich, abgesehen von Geschlechts- und Begattungsorganen, allgemein gleichen Bau besessen haben, wie es noch bei manchen Arten (Karpfen) der Fall ist. Das Auftreten sekundärer im Dienst der Fortpflanzung stehender Hilfsorgane führt oft zu weitgehendem Geschlechtsdimorphismus. Vielfach ist der Zweck

dieses Dimorphismus noch unbekannt, wie z. B. der verschiedenen Färbung zahlreicher Falter; bei diesen erstreckt sich der Dimorphismus manchmal noch besonders auf das eine Geschlecht, derart, daß in einer Spezies die Männchen nur in einer Färbung auftreten, während die dazu gehörigen Weibchen in zwei, nicht als Farbvarietäten aufzufassenden, Färbungen und Zeichnungen vorkommen (Argynnis paphia). Saisondimorphismus, d: h. Verschiedenheit zweier im Laufe eines Sommers einander folgender Generationen, sind von Vanessa prorsa (levana) bekannt. Polymorphismus herrscht bei Bienen, Ameisen, Termiten, deren eierlegenden Weibchen, arbeitenden Weibchen, Amazonen und Männchen große morphologische Verschiedenheiten zeigen. Diese mit einer Arbeitsteilung verbundene Gestaltsverschiedenheit kommt am deutlichsten zum Ausdruck bei den in Tierstöcken lebenden Siphonophoren, deren Glieder ihre Individualität so weit verlieren, daß sie nach Gestalt und Funktion zu Organen des Stockes werden (Fig. 67. 68).

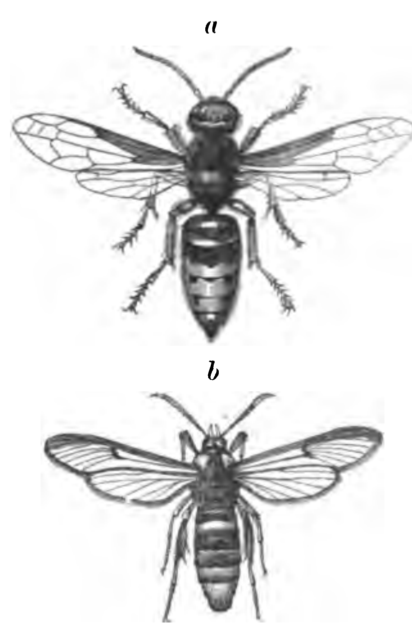



Fig. 58. a Hornisse (Vespa crabro), b Hornissenschwärmer (Trochilium apiforme) (aus Claus-Grobben).

Viele Tiere ähneln im bewegungslosen Zustande, also namentlich in ihrer Ruhestellung den vorherrschenden Zügen ihrer Umgebung (schützende Aehnlichkeit) so sehr, daß sie solchen Feinden, die ihre Beute nicht mit dem Tast- oder Geruchssinn suchen, vielfach entgehen dürften. Besonders häufig gleichen solche Tiere einzelnen Pflanzenteilen wie Borke, Blättern im lebenden wie verdorrten Zustande, Dornen, dürren Zweiglein, aber auch tierischen Exkrementen, leeren Puppenhülsen usw. Am weitesten geht die Anpassung bei der schützenden Nachäffung (Mimikry), wo wehrlose, nicht über Gift oder Waffen verfügende Formen solchen ähneln, die wegen schlechten Geschmackes, Besitzes von Wehrstacheln usw. von den häufigsten Feinden ihrer Klasse nicht verfolgt werden. Besonders zahlreich sind dergleichen Fälle unter den Insekten (Fig. 58), die namentlich in den Tropen von Vögeln und Eidechsen zu leiden haben; oftmals geht die Aehnlichkeit so weit, daß man einzelne als Modelle dienende Arten und mehrere nachahmende (Mimetiker) unterscheiden kann.

Auch die geistige Entwicklung läßt die Einwirkung der Uebung auf die Steigerung von psychischen Leistungen der Neuronen und die Vererbung des vom Einzelwesen erworbenen Grades geistigen Vermögens auf seine Nachkommen nicht verkennen. Namentlich sind es die Erscheinungen des Instinktes, die unter das Gebiet der Gebrauchswirkungen und der Steigerung dieser durch Naturauslese fallen. Vom Instinkt werden diejenigen zweckdienlichen Handlungen — z. B. Bau von Wohnungen und Nestern, Verbergen vor Feinden, Brutpflege — beherrscht, die man in gleicher Weise von allen Individuen einer Art, wenigstens von einem Geschlechte und in einem gewissen Lebensabschnitte ausgeführt findet; sie gehen stets auf Verknüpfung von Empfindungen und Vorstellungen zurück, die unabhängig von der äußeren Erfahrung durch ererbte Fähigkeit im Bewußtsein

zustande kommen, nicht aber im Leben des Einzelwesens auf Grund der Einprägung von Erfahrungen neu gewonnen werden. Da diese psychischen Leistungen auf körperlichen Einrichtungen, nämlich auf dem mehr oder weniger entwickelten Bau des Zentralnervensystems beruhen, so unterliegt ihre Steigerung einerseits den Wirkungen der individuellen Uebung und Vererbung des erworbenen Grades, andrerseits der natürlichen Zuchtwahl, unter der die Individuen mit mangelhaftem Neuronenbesitz als morphologisch geringwertig am ersten im Daseinskampfe unterliegen.

Endlich lassen sich sehr zahlreiche Tatsachen im Sinne des Entwicklungsgesetzes deuten, die der heutigen geographischen Verbreitung der Tiere angehören. Es sei nur angedeutet, daß einerseits zwischen der allmählichen Ausbreitung einer größeren oder kleineren Tiergruppe von einem ursprünglichen Wohnzentrum aus und andrerseits ihrer ebenso fortschreitenden stammesgeschicht-

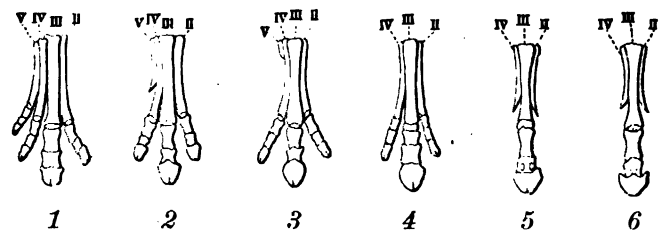



Fig. 59. Vorderfuß der Stammformen des Pferdes. 1 Orohippus (Eozän), 2 Mesohippus (Oligozän), 3 Miohippus (Miozän), 4 Protohippus (oberes Pliozän), 5 Pliohippus (oberstes Pliozän), 6 Equus. II—V Finger (aus Wiedersheim).

lichen Umbildung sich oftmals ein enger Zusammenhang erkennen läßt; ferner findet namentlich die Lehre von der „Artenentstehung durch räumliche Sonderung" ungemein zahlreiche Unterlagen in der Verteilung von Angehörigen einer Tiergruppe auf Inseln und ähnliche engbegrenzte Wohnbezirke.

Obgleich die mitgeteilten, nur einen winzigen Teil des diesbezüglichen Erfahrungsschatzes darstellenden Tatsachen zahlreiche induktive Nachweise für die Richtigkeit der Evolutionslehre bieten, kann doch die unwiderlegliche Beweisführung nur durch die Auffindung aller Uebergänge von einfachen zu hochorganisierten Formen geschehen, wie sich solche im Verlaufe der Erdgeschichte abgelöst haben müssen. Allein aus den Bedingungen, denen die Erhaltung jener Zeugen des Umwandlungsvorganges unterworfen war, erhellt es, daß sich nur einzelne harte Teile der Tierkörper wie Skelette, Hautpanzer, Horngebilde als Versteinerungen oder Abdrücke erhalten konnten, ja daß auch deren Erhaltung überhaupt ein Zufall ist. Demnach kann die erdgeschichtliche Urkunde, auf die sich die Deszendenzlehre stützt, nur sehr lückenhaft sein; doch genügen die erhaltenen Beweisstücke, um die Richtigkeit vieler Annahmen über die Stammesgeschichte von Tieren und damit diese selbst zu beweisen. Haben sich doch sogar Reihen von Versteinerungen erhalten, welche die allmähliche Umänderung einzelner Arten während geologischer Zeitalter dartun; z. B. enthalten gewisse Ablagerungen des Süßwassers in Württemberg ganze Formenketten von Schneckenschalen, der *Planorbis multiformis* Quenst. angehörig, die in der ältesten, untersten Schicht als ganz flache Formen beginnen, um sich allmählich aufzuwinden und zu oberst als kreiselförmige Gehäuse zu erscheinen. Sogar den Stammbaum ganzer Familien der Huftiere, namentlich der Pferde, hat man nach Funden tertiären Alters, in Nordamerika gemacht, aufstellen können, wobei sich gradweise die Rückbildung der ehemals fünfzehigen Füße in die heutige Einhuferform (Fig. 59), sowie die Umwandlung bewurzelter

Backzähne in wurzellose ergab. Den Anfang machte demnach unter den Equiden der alteozäne *Eohippus*, dessen Vorderfuß außer vier vollständigen Zehen noch den Rest einer 5. besaß, darauf folgte *Orohippus* aus dem Eozän mit nur vier Zehen; auch die 4. verschwindet im Miozän bei *Mesohippus*, worauf von der rein dreizehigen Form des *Miohippus* der Weg bis zum einhufigen *Equus* der Gegenwart führt, dessen beide Außenzehen nur als unbedeutende Reste, die „Griffelbeine", erhalten geblieben sind.



**Fig. 60. Archaeopteryx lithographica. cl Schlüsselbein, co Rabenschnabelbein, h Oberarm, r Speiche, u Elle, c Handwurzel, sc Schulterblatt, I—IV Zehen (nach Zittel aus R. Hertwig).**

Es sind aber nicht nur Uebergänge innerhalb engerer Bereiche des Systems wie die eben angeführten entdeckt worden, sondern auch solche, die heutigentags scharf getrennte Klassen miteinander verbinden. So war die im Jura lebende *Archaeopteryx lithographica* v. Mey. (Fig. 60) zwar ein echter Vogel, der Schwung- und Steuerfedern besaß und daher fliegen konnte, aber seine wohlerhaltenen Reste zeigen mancherlei Besonderheiten, die zu den Reptilien hinführen. Das Handskelett weist noch drei völlig getrennte lange Finger mit starken Krallen auf, die sicher frei vorragten und beim Klettern im Gezweige dienen mochten; weiterhin sind die Steuerfedern nicht fächerartig an den letzten verschmolzenen und verbreiterten Schwanzwirbeln befestigt wie bei den heutigen Formen, sondern sie sitzen zweizeilig gereiht an einem langen dünnen Eidechsenschwanze; auch hatte dieser Urvogel im Schnabel spitzige eingekeilte Zähne.

Gegen diese Selektionstheorie D a r w i n s werden mehrere umfassende Einwände erhoben, die sich auf zahlreiche, von ihm nicht ausreichend gewürdigte Beobachtungen stützen. Einer der Einwände weist darauf hin, daß alle Varietätenbildung nur aus ganz kleinen, unwesentlichen Anfängen erwachsen kann, daß solche geringe Abänderungen aber gar nicht den ungleichen Wert für den Daseinskampf haben, um ihn überhaupt zur Vernichtung „unpassender" Teilnehmer reifen zu lassen; namentlich aber werden solche kleine Verschiedenheiten immer durch die Kreuzung der Einzelwesen untereinander ausgeglichen. Damit eine Art sich in mehrere spalten kann, müssen ihre Individuen zunächst immer in räumlich getrennte Gruppen zerlegt werden, um ihre gegenseitige Kreuzung zu verhindern; erst wenn durch diese räumliche Abtrennung ein Teil der einstmaligen Individuenmenge abweichenden Lebensbedingungen unterworfen wird, kann unter natürlicher Auslese ein Typus herausgebildet werden, der eine Abweichung von dem früheren bedeutet. Hiernach ist für die Entstehung zweier oder mehr neuer Arten aus einer vorhandenen die Isolierung zwischen den Angehörigen das erste Erfordernis, während die Selektionsvorgänge erst an zweiter Stelle platzgreifen. Diese Erklärung des Entwicklungsvorganges enthält die Lehre von der Entstehung der Arten durch r ä u m l i c h e

Sonderung (Migrations- oder Separationstheorie), die in Moritz Wagner (1813—1887) ihren Urheber hat.

Endlich vermag das Darwinsche Prinzip von der Naturauslese die zahlreichen Fälle nicht zu erklären, wo in mehreren systematischen Gruppen trotz geringer Verwandtschaft dieselben vorherrschenden Züge in der Organisation zu beobachten sind, wo also von mehreren Punkten aus gleichlaufende Entwicklungsrichtung eingeschlagen worden ist, so z. B. die auf einheitliche Grundzüge zurückführende Farbenzeichnung mancher Schmetterlings- und Vogelfamilien oder der Schwund der Fußzehen bei den Huftieren. Da sich dieser Einheitlichkeit der Formengestaltung oftmals keine biologische Wichtigkeit zuschreiben läßt, so kann für ihr Entstehen der Kampf ums Dasein keine Bedeutung gehabt haben, vielmehr muß es die Wirkung von anhaltend gleichmäßigen Lebensbedingungen sein, welche die ersten, kleinen, zufällig aufgetretenen Sondereigenschaften verstärkte und stetig in einer Richtung weiterentwickelte — Lehre von der Orthogenesis, aufgestellt durch Th. Eimer (1843—1898). Erst wenn solche hervortretenden Eigenschaften einen Grad erreichen, daß ihr Dasein für die Besitzer von Einfluß auf die Lebenshaltung wird, kann die natürliche Auslese platzgreifen, auch können dann übermäßig vergrößerte Bildungen, wie das Geweih des Riesenhirsches, schädlich werden und das Aussterben der damit behafteten Arten veranlassen.

Der Einwand, daß man wohl verschiedene Arten kennt, aber nicht die Zwischenformen, welche von einer zur anderen überleiten, wird durch die Betrachtung widerlegt, daß die Zwischenstufen, welche zeitlich aufeinander folgten, nicht mehr vorhanden sein können, ebensowenig wie die ursprüngliche Art, in dem Augenblick, da in Anpassung an die Verhältnisse die letzte höchste dieser Stufen zur Entwicklung gekommen war. — „Natürliche Zuchtwahl ist stets mit der Vernichtung der Zwischenformen verbunden.“ — Wenn auch zugestanden werden muß, daß viele Eigenschaften dem Besitzer keinen Nutzen gewähren, so werden sie doch durch Zuchtwahl entstanden und beeinflußt sein, nur können wir nicht beurteilen, ob sie nicht vielleicht früher vorteilhaft gewesen sind oder es noch werden, auch ist zuzugeben, daß ihr Einfluß auf den Organismus und die Deutung ihrer Wirkung uns noch unbekannt sind.

Da ferner die Einwirkung der Zuchtwahl bereits eine Mannigfaltigkeit der Formen und eine Verschiedenartigkeit der Umgebung als beeinflussende Faktoren voraussetzt, so fragt man sich wohl mit Recht, wer gab den ersten Anstoß zur Selektion als am Anfang die primitiven Tierformen noch alle gleichmäßig waren und auch ihre Umgebung ihrer gleichmäßigen Eigenschaften wegen noch keinen Einfluß ausüben konnte, der zur Anpassung und Zuchtwahl hätte führen können.

Aus diesen und ähnlichen Gründen steht man heutzutage auf dem Standpunkt, daß die Lehre von der natürlichen Zuchtwahl als alleinige Erklärung für die Entstehung der Arten nicht genügt. Manche andere Lehre hat weitere Klärungsversuche gebracht:

Nägeli stellte eine „Vervollkommnungstheorie“ auf. Nach dieser ist das Zellplasma von einem besonderen Anlageplasma, Idioplasma, durchzogen, welches alle Eigenschaften des Organismus als Anlage enthält; Veränderungen dieses Idioplasmas bedingen die Variation des Organismus; die Anpassung und die Vervollkommnung sind die mechanischen Momente, durch deren Wirkung der Formenreichtum entsteht.

Weismann nimmt an, daß die Arten durch Zuchtwahl entstehen, aber nicht, daß erworbene Eigenschaften sich vererben. Das Keimplasma ist variabel und war es schon in den ersten Organismen. Aendert es sich, so muß diese Verände-

rung sich vererben, weil das Keimplasma allen Zellen des Tierkörpers angehört und ein neues Tier nur durch Teilung, Abschnürung einer Zelle, vom elterlichen Körper entstehen kann. Bei der Copula mischen sich die Keimplasmen der Eltern. (Amphimixis, Kontinuität des Keimplasmas).

Roux endlich hebt hervor, daß der verstärkte Gebrauch jedes Organ nicht nur vergrößert und seine Leistungsfähigkeit steigert, sondern auch durch die trophische Wirkung funktioneller Reize d. h. der „durch den Gebrauch und Nichtgebrauch hervorgerufenen Wirkungen im Organismus" in seiner Struktur zweckmäßig gestaltet. Zweckmäßige Anpassungen weisen auf das Vorhandensein von Qualitäten im Organismus hin, welche auf die Einwirkung funktioneller Reize das Zweckmäßige in höchster denkbarer Vollkommenheit direkt hervorzubringen, direkt auszugestalten, vermögen.

## Zweiter Teil.

## Spezielle Zoologie.

### I. Unterreich.

### Protozoa. Urtiere.

§ 41. Einzellige, meist mikroskopisch kleine Tiere, oft mit Organellen im Zelleibe; nackt, beschalt oder mit einem Stützskelett versehen; Fortpflanzung durch Teilung, Knospung oder Sporenbildung; in feuchter Umgebung lebend.

Der Zelleib der Urtiere besteht aus einem etwas trüben Protoplasma, in dem meist ein äußeres Exoplasma von dem inneren Endoplasma zu unterscheiden ist; mannigfaltige Organellen der Bewegung, Nahrungsaufnahme, Ausscheidung und Sinneswahrnehmung können zur Ausbildung kommen; der Kern ist in einfacher oder mehrfacher Zahl vorhanden. Die Bewegung geschieht durch Scheinfüßchen, Geißeln oder Wimpern, selten durch Plasmabildungen, die Muskelfasern ähneln. Die Ernährung geschieht durch Pseudopodien, welche die Nahrung umfließen, oder vermittelst bleibender Mundöffnungen; die Verdauung findet in Nahrungsvakuolen, die Ausstoßung der unverdaulichen Reste an beliebiger Stelle oder durch einen besonderen Zellafter, die Exkretion häufig durch eine pulsierende Vakuole statt. Zur Vermehrung gelangen die Protozoen bald durch Teilung, bald durch Knospung, wobei keine eingreifenden Aenderungen in der Zellorganisation platzgreifen und die Lebenstätigkeit der Mutter und des Tochterindividuums ununterbrochen weitergeht. Eine andere Vermehrungsweise ist jene durch Keim- oder Sporenbildung im Innern der Urtierzelle, die während eines Ruhezustandes unter völliger Auflösung des Zellaufbaues vor sich geht und die Bildung einer Mehrzahl von Keimen oder Sporen zur Folge hat. Dieser Sporulation geht öfters die Verschmelzung (Kopulation) zweier Individuen im reifen oder Sporenzustande voraus. Urtiere kommen im süßen wie salzigen Wasser sowie in feuchter Erde vor; viele sind Schmarotzer in Kalt- und Warmblütern. Ihre wirtschaftliche Bedeutung ist keine geringe, da die parasitisch lebenden Erreger besonderer gefährlicher Krankheiten des Menschen und der Nutztiere sind, während andere zahlreichen kleinen Krebstieren zur Nahrung dienen, die selber ein wichtiges Futter der Fische sind.

I. Abteilung. Cytomorpha. Protozoen mit einem oder mehreren gleichwertigen Kernen.



§ 42. **1. Klasse. Sarcodina. Sarkodetierchen.** Pseudopodienbildende, nackte oder mit Gehäusen oder Skeletten versehene Urtiere. Der Zelleib unterliegt beständiger Gestaltveränderung; die Scheinfüßchen dienen zur Aufnahme der festen tierischen oder pflanzlichen Nahrung und zur kriechenden Bewegung; öfters ermöglichen Gasblasen und Oeltropfen ein Schweben im Wasser. Fortpflanzung durch Teilung und Sporenbildung nach Einkapselung. Fast alle sind Wasserbewohner, wenige Schmarotzer.

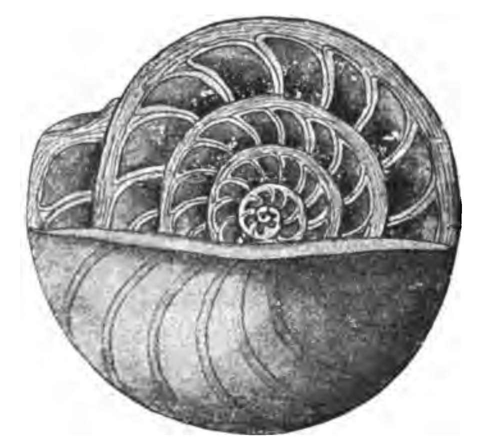


**Fig. 61. Nummulites cummingi halb angeschnitten um die Kammerung zu zeigen. 20 × vergr. (nach Brady aus Lang).**

1. Ordn.: Amoebozoa, Amöben (Fig. 3, S. 592). Nackte und skelettlose Sarkodetierchen, mit Exo- und Endoplasma, selten mit pulsierender Vakuole, ohne Zellmund. *Amoeba coli*, ein meist harmloser Parasit im Anfangsteil des menschlichen Grimmdarmes der aber bei Infektionskrankheiten (Dysenterie, Ruhr) Träger der Bakterien sein kann und die blutenden Geschwüre der Darmhaut reizt.

2. Ordn.: Rhizopoda, Wurzelfüßer. Amöboide Körper von mannigfaltig gestalteten Gehäusen eingeschlossen, die bald kutikulare Absonderungen, bald mit Schleim verklebte Fremdkörper, bald eine Ausscheidung von kohlensaurem Kalke sind; letztere zeigen regelmäßige, auch geometrische Gestaltung und können ansehnliche Größe erreichen (Nummuliten, Fig. 61). Die mit Kalkschale versehenen Formen (Foraminiferen) kommen massenhaft im Meere vor, so daß die sich am Meeresgrunde ansammelnden Schalen der abgestorbenen Tiere mächtige Schichten bilden, die von früheren Erdperioden her versteinert erhalten geblieben sind. Durch vulkanische Kräfte gehoben, nehmen sie als Kreidefelsen großen Anteil an der Bildung der Erdoberfläche und gehören geologisch zu den wichtigsten Leitfossilien.

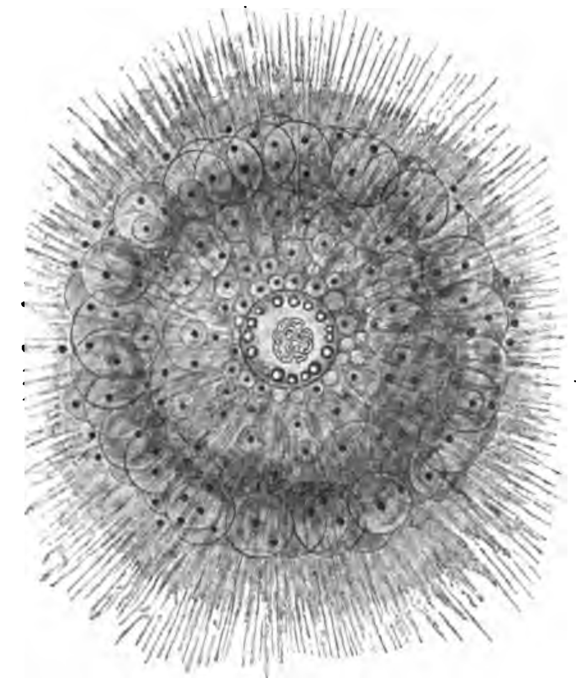


**Fig. 62. Thalassicolla pelagica. Im Zentrum der Kern mit gewundenem Nucleolus, darum die Zentralkapsel mit Oelkugeln, um diese das extrakapsuläre Protoplasma mit blasigen Vakuolen, gelben Zellen (schwarz) und Pseudopodien (a. R. Hertwig).**

3. Ordn.: Heliozoa, Sonnentierchen. Kugelförmige Protozoen mit radiär ausstrahlenden fadendünnen Pseudopodien; meist im Süßwasser schwebend.

4. Ordn.: Radiolaria, Strahllinge. Das dichtere innere Protoplasma ist von dem dünneren äußeren durch eine häutige von Poren durchsetzte Zentral-

kapsel getrennt. Aus Mineralstoffen bestehende Skelettbildungen sind häufig. Im Weichkörper stets kleine einzellige Algen von gelber Farbe als symbiotische Einwohner. Schwebende Meeresbewohner, nicht selbständig lokomotionsfähig, vermögen nur durch Veränderung ihres Volumens zu steigen oder zu sinken. Ihre Skelettreste bilden mächtige Ablagerungen. *Thalasicolla pelagica* (Fig. 62).

§ 43. II. Klasse. F l a g e l l a t a. Geißeltierchen (Fig. 63). Körperform fest, meist gestreckt, mit einem oder zwei längeren Geißelhaaren zur Bewegung, oft mit Zellmund und Zellafter; öfters Gehäuse. Am Vorderende nicht selten ein roter Körper, der zur Lichtwahrnehmung dienen dürfte. Zahlreiche Formen enthalten grüne oder braune Farbkörner, mit denen sie nach Pflanzenart assimilieren. Die Flagellaten bewegen sich durch ihre Geißeln entweder lebhaft im Wasser oder strudeln bei festsitzender Lebensweise damit die Nahrung herbei. Die Fortpflanzung erfolgt durch Längsteilung und nach der Konjugation durch Enzystierung und Zerfall in zahlreiche Makro- und Mikrogameten. Manche bilden Kolonien; bei Eintrocknen des bewohnten Gewässers erhalten sie sich durch Einkapselung lebend. Es gibt Süßwasser- und Meeresbewohner, sowie parasitische Krankheitserreger. — *Euglena viridis* Ehrb. (Fig. 63) im Süßwasser. *Trypanosoma brucei* erzeugt bei Huftieren die Tsetsefliegenseuche. Zwischenwirt *Glossina morsitans* Westw.



**Fig. 63. Euglena viridis 300/1. a Augenfleck, b kontraktile Vakuole (aus Leunis).**

§ 44. III. Klasse. S p o r o z o a. Diese kugel- bis wurmförmige Protozoen sind Entoparasiten mit osmotischer Ernährung. Im ausgebildeten Zustande sind sie von kugeliger (Coccidien) oder amöboider (Hämosporidien) Gestalt mit einfachem Kern. Neben Teilung tritt stets auch Sporenbildung auf. Ein Generationswechsel findet insofern statt, als das aus einem Sporozoit herangewachsene Coccidium in gleichartige Sporen zerfällt, während die Individuen einer folgenden Generationen durch Teilung Mikrogameten oder Makrogameten liefert, welche beide genau wie Ei und Samenfaden der Metazoen kopulieren, sich einkapseln, in Sporen zerfallen, deren jede sich wieder in Sporozoite teilt. Die Coccidien schmarotzen in den Gewebszellen von höheren Evertebraten und Vertebraten sowie in den roten Blutzellen der letzteren, wo sie die gefährlichsten Krankheiten (Malaria, Rinderpest) hervorrufen. Die G r e g a r i n e n sind mehr oder minder harmlose Schmarotzer bei Gliedertieren und Würmern. Unter den N e o s p o r i d i e n sind krankheitserregende Schmarotzer der Fische beachtenswert (Myxobolus pfeifferi: Barbenseuche). Die Pebrinekrankheit der Seidenraupen wird durch Nosema bombycis hervorgerufen.

§ 45 II. Abteilung. C y t o i d e a. Protozoen mit zweierlei physiologisch verschiedenwertigen Kernen.

**I. Klasse. C i l i a t a. Wimperinfusorien.** Meist einzeln lebende Protozoen mit hochausgebildeten Organellen und Wimperhaaren, mit Großkern und Kleinkern. Die Körperform der „Infusionstierchen" ist immer festbestimmt, meist asymmetrisch. Wimpern in größerer Zahl, bald zart, bald mehr stachelartig oder in Saugröhrchen umgebildet; das Wimperkleid ist gleichmäßig verteilt oder an bestimmte Stellen gebunden, wobei die Umgebung des Zellmundes als „adorale Wimperzone" bevorzugt wird. Die Zilien oder Wimpern sind unveränderlich in der Form und schwingen in raschem Tempo wodurch der Körper bewegt oder ein Nahrung enthaltender Wasserstrom zum Zellmund geführt wird. Dieser ist eine Einsenkung (Peristom) die nach hinten verengt in den Zellschlund führt (Fig. 64, 65).

Nur bei den parasitischen Opalinen geschieht die Nahrungsaufnahme durch die ganze Körperoberfläche, die Ausleerung des Kotes durch einen Zellafter, der nur während des Austrittes des Kotes sichtbar ist. Das zähere Exoplasma enthält kontraktile Fibrillen (Myoneme) und erzeugt öfters einen Pellikula, auch enthält es die oft mehrfachen kontraktilen Vakuolen, die an ganz bestimmten Stellen liegen; sie entstehen dadurch, daß sich in radiär angeordneten Kanälen Flüssigkeit sammelt, welche die wandungslose Blase füllt; diese entleert sich nach außen, während die Radiärkanäle sich wieder füllen. In der Außenschicht liegen Tast- und Verteidigungsorgane (Trichozysten). Im Endoplasma sind Großkern (vegetativer Macronucleus) und Kleinkern (Geschlechtskern, Micronucleus) enthalten. Die Fortpflanzung geschieht durch Teilung, oder durch Knospung, die bei festsitzenden Arten zur Stockbildung führen kann. Vereinigungen zwischen zwei Individuen können dauernde werden (Kopulation) oder nur zeitweilig sein, um einen Austausch von Idioplasma vorzunehmen (Konjugation). Beide treten in gesetzmäßigem Wechsel auf; wiederholte Teilung ohne Konjugation führt zu seniler Degeneration. Die Ziliaten leben größtenteils frei im Süßwasser wie im Meere, gewisse Formen sind festsitzend, einige Arten schmarotzen in anderen Infusorien sowie in Wirbeltieren. — *Stentor polymorphus* Ehrb. *Paramaecium caudatum*. (Fig. 64, 65).

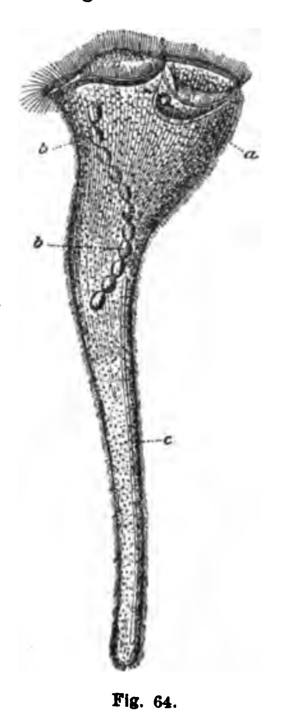



Fig. 64.

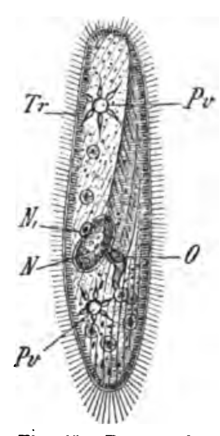



**Fig. 65. Paramaecium caudatum, von der Ventralseite gesehen. O Mund, Pv pulsierende Vakuolen, N Macronucleus, N 1 Micronucleus, Tr Trichozysten (nach Schewiakoff a. Claus-Groblen).**

**Fig. 64. Stentor polymorphus 80/1. a Mund, b Kern (perlschnurförmig), c kontraktile Vakuole (aus Leunis).**

## II. Unterreich.

### Metazoa. Gewebstiere.

Vielzellige Tiere; ihr aus einer Gastrula hervorgehender Körper besteht aus Zellgruppen, Geweben, die sich infolge Arbeitsteilung morphologisch gesondert haben. Die Fortpflanzung ist stets unizellular durch Abstoßung von zweierlei Keimzellen, die miteinander verschmelzen, daneben in manchen Gruppen auch multizellulare durch Knospung.

#### 1. Abteilung. Radiata = Coelenterata. Strahl- oder Hohltiere.

§ 46. Metazoen mit radiärem Bauplan des nicht über die Gastrulabildung hinausgehenden Körpers. Der einzige Körperhohlraum entspricht der Urdarmhöhle der Gastrula (Fig. 53); er dient nicht nur zur Verdauung, sondern mit ihren gefäßartig zwischen Ekto- und Entoderm verzweigten Ausläufern auch zur Verteilung der assimilationsfähigen Bestandteile der Nahrung im Körper (Gastrovaskularsystem). Multizellulare Fortpflanzung ist sehr verbreitet, doch kommt in der

Regel auch die gamogenetische, oft in Generationswechsel, vor. Entwicklung meist mit Metamorphose.

### 1. Stamm. Porifera = Spongiaria. Schwämme.

Mit dem Urmundpole der Gastrula festsitzende Strahltiere. Der zugewachsene Urmund ist durch zahlreiche, die Leibeswand durch brechende neue Mundöffnungen (Poren) ersetzt; nur eine Ausfuhröffnung. Ohne Muskeln und Nervensystem. Ein Füllgewebe zwischen den beiden Körperschichten enthält Skelettnadeln aus Kalk, Kiesel oder Spongin und erzeugt die Geschlechtszellen. Geschlechtliche Fortpflanzung allgemein; die Schwämme sind getrennt geschlechtlich oder Zwitter. Entwicklung mit Larvenzustand. Fast immer Stockbildung. Die meisten Schwämme sind Meeresbewohner. *Spongilla lacustris* L. im Süßwasser; *Euspongia officinalis* L., Badeschwamm. Mittelmeer.

### 2. Stamm. Cnidaria. Nesseltiere.

Die radiär gebauten Nesseltiere sitzen fest (Polypen) oder schwimmen frei umher (Quallen). Der radiäre Bauplan des Körpers hat die Grundzahlen vier, sechs. Im Ekto- und Entoderm treten Muskeln, Nerven- und Sinneszellen auf, sowie Nesselkapseln. Gehäuse und Skelettbildungen sind häufig. Grundform der Nesseltiere ist der festsitzende Polyp, dessen Mundöffnung von einem Tentalkranz umstellt ist. Die freischwimmende Qualle (Meduse) ist ein in der Wandung des Hohlschlauches scheibenförmig erweiterter und schirm- bis glockenförmig emporgewölbter Polyp, der sich losgelöst hat und durch Zusammenziehen des freien Schirmrandes (Rückstoß) im Wasser umherschwimmt. Die Polypen pflanzen sich nur ausnahmsweise als Zwitter fort, immer jedoch durch Knospung, wobei sie zu Stöcken vereinigt bleiben (Fig. 66) unter Polymorphismus der Individuen. Einige bilden sich zu Geschlechtstieren aus, die sich als Medusen ablösen; aus ihren Eiern entstehen Larven, die sich wieder als Polypen festsetzen, jedoch können auch die Medusen sich multizellular vermehren. Fast alle Cnidarien bewohnen das Meer; die Kalkskelette der Korallenpolypen können Riffe und Inseln erzeugen und sind für die Erdgeschichte von hoher Bedeutung.

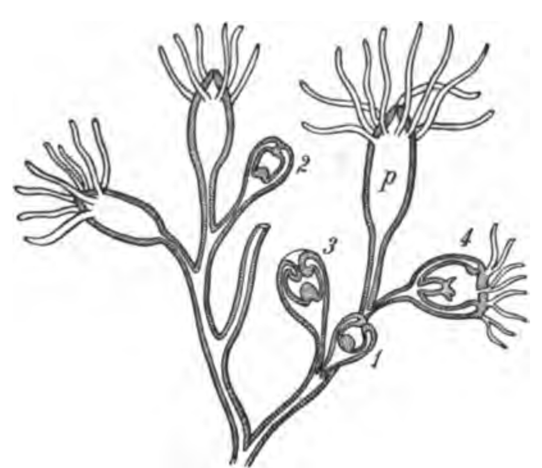


Fig. 66. Bougainvillia ramosa, ein Hydropolyp des Meeres. p Polypen, 1—4 verschiedene Entwicklungsstufen der Medusen (aus Götte).

**1. Klasse. Hydrozoa.** Nesseltiere, deren Körperhohlraum nicht durch Scheidewände gekammert ist (Fig. 66). Fast alle sind marin.

1. Ordn. Hydroidea. Solitäre Polypen und Medusen Fig. 5 in Generationswechsel, oder festsitzende Stöcke bildend.

*Hydra viridissima* Pall. Süßwasser (Fig. 49, S. 627) ohne Medusengeneration.

2. Ordn. Siphonophora. Schwimmpolypen. Freischwimmende polymorphe Medusenstöcke des Meeres. Alle Individuen (Personen) des Stockes sitzen an einem Stamm, der von einem gemeinsamen Darmschlauche durchzogen wird. Ein Individuum ist zu einer oberen endständigen gaserfüllten Luftblase

geworden; mehr oder weniger dicht daruntersitzende Personen, die Schwimmglocken, bewirken die Lokomotion durch Rückstoß, indem sie Wasser aufnehmen und durch Zusammenziehen wieder ausstoßen. Lange kontraktionsfähige, zu Fangfäden umgebildete, mit Nesselzellen besetzte Glieder des Stockes fangen die Nahrung ein und führen sie den Freßpolypen zu, welche sie verdauen und die Nährstoffe durch den langen Darmschlauch den anderen Individuen zuführen; als Sinnesorgane wirken kürzere, oft ebenfalls mit nesselnden Fangfäden besetzte Taster, während die Fortpflanzung durch

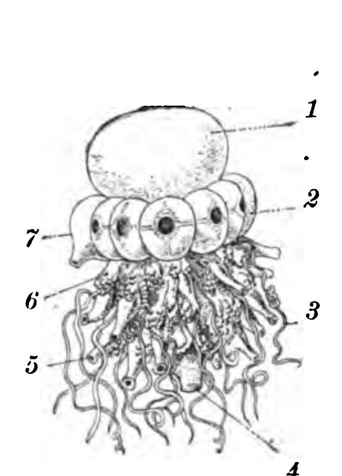



**Fig. 67. Stephalia corona, eine Siphonophore. 1 Luftblase, 2 Schwimmglocken, 3 Tentakel, 4 Oeffnung des Darmschlauches, 5 Freßpolypen, 6 Gonophorentrauben, 7 Luftkanal, der in 1 einmündet (nach Häckel aus Rosenthal).**

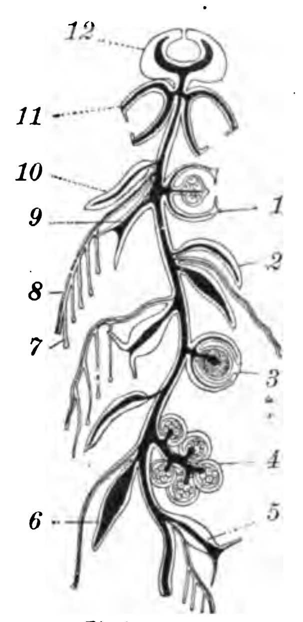



**Fig. 68. Schema eines Siphonophorenstockes. 1, 3 und 4 Geschlechtspolypen (Gonophoren), 2, 10 Deckstück, 5, 9 Freßpolypen, 6 Taster, 7 Fangfäden mit Nesselkapseln, 8 Tentakel, 11 Schwimmglocke, 12 Luftblase (nach Lang aus Rosenthal).**

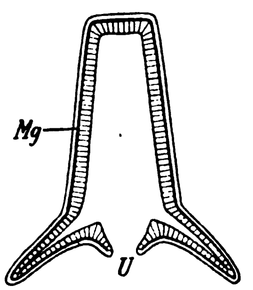



**Fig. 69. Schematisches Durchschnittsbild eines Hydropolypen. U Urmund, zugleich bleibender Mund, Mg Mesodermgallerte (Stützlamelle) zwischen Ekto- und Entoderm (aus Claus-Groblen).**

männliche und weibliche, oft auf demselben Stock vereinigte glockenförmige Geschlechtstiere (Gonophoren) geschieht. Als Schutzorgane endlich sitzen öfters über den letzteren wie über Tastern und Freßpolypen blattförmige, derbe Deckstücke. (Fig. 67, 68.)

**2. Klasse. Scyphozoa.** Mit ektodermaler Schlundeinstülpung und durch Längsscheidewände in radiäre Taschen gekammertem Urdarm. Die freischwimmenden Medusen ohne Segel; nur Meerestiere, Becherquallen, Scheibenquallen.

**3. Klasse. Anthozoa.** Polypen, deren Darmraum durch Scheibenwände (Septen) gekammert ist. An den Septen sitzen Muskeln und die Geschlechtsorgane. Solitär oder stockbildend. Fangarme und Septen treten in den Grundzahlen 6 oder 8 auf; häufig ist eine ursprünglich symmetrische Anlage nachweisbar.

*Hexactiniaria.* Solitär, ohne Skelett, mit Kriechsohle, bunt gefärbt. *Actinia equina* L., *Anemonia sulcata* Penn. Seerosen, Seeanemonen.

*Octactiniaria.* Stockbildend, mit Kalkskelett Korallen, viele bilden Korallenriffe. *Corallium rubrum* Lm. Edelkoralle.

3. Stamm. Ctenophora. Rippenquallen.

Freischwimmende, zweistrahlige Hohltiere, die sich mit acht Streifen (Rippen) von Ruderplättchen (Wimperplatten) bewegen. Die Darmhöhle strahlt in acht Blindsäcke aus. Zwei lange, kontraktile, in Taschen zurückziehbare Fangfäden. Freischwimmende Meerestiere von kugel-, walzen- oder bandförmiger Gestalt. — *Cestus veneris* Lsr. Venusgürtel.

II. Abteilung. Bilateralia. Bilateraltiere.

§ 47. Metazoen von zweiseitig-symmetrischem Bauplan, deren Leibeshöhle (Cölom) nicht dem Körperhohlraum der Radiata entspricht, sondern aus embryonalen Falten des zwischen Ekto- und Entoderm entstehenden Mesoderms gebildet wird.

4. Stamm. Vermes. Würmer.

Die Bewegungsmuskulatur ist im Körperstamm enthalten, nicht in Anhänge des Körpers verlegt. Integument weich; Mund in der Regel vorn gelegen; der Schlund setzt sich in einen der Längsachse nach hinten folgenden Darm fort. Bewegungsmuskeln als dem Integument allseitig angeschlossener Hautmuskelschlauch gebildet; Nervensystem zentral angeordnet nebst angeschlossenen Sinnesorganen; ein röhriges Harnorgansystem vorhanden.

1. Unterstamm. Plathelminthes. Plattwürmer. Meist stark abgeplattet ohne Cölom, dagegen mit einem dichten Füllgewebe (Körperparenchym), das von interzellularen Spalträumen durchsetzt ist; Nervenzentrum als Hirn vor dem Munde gelegen. Hermaphroditisch.

**1. Klasse. Turbellaria. Strudelwürmer.** Breitgedrückte Plattwürmer mit vollständig bewimperter Oberfläche.

Wimperkleid zum Heranstrudeln des Atemwassers dienend. Haut reich an Drüsen- und Nesselzellen. Mund an der Bauchseite, oft weit nach hinten gerückt, Darm einfach oder verästelt, afterlos; bisweilen fehlt er, so daß die Nahrung durch den Mund direkt in das Körperparenchym gelangt; mangels besonderer Blutgefäße kreist die Leibeshöhlenflüssigkeit in den Spalten des Füllgewebes; Nieren als verzweigte Längskanäle, die sich mit Mündungen von verschiedener Zahl nach außen öffnen. Nervensystem als geteiltes Zentralganglion vorn gelegen, von dem Nervenstränge nach vorn und hinten gehen; als Sinnesorgane zwei bis viele Augen, öfters Sinnesgrübchen und ein Tastrüssel. Geschlechtsapparat zwittrig. Süßwasserformen mit direkter Entwicklung, Meeresformen mit Metamorphose. Neben geschlechtlicher Fortpflanzung auch Vermehrung durch Querteilung. Lebensweise räuberisch, im Wasser oder an feuchten Orten auf dem Lande. Bewegung der Körperform entsprechend auf dem Lande ein gleitendes Kriechen, im Wasser schlängelnd.

§ 48. **2. Klasse. Trematodes.** Saugwürmer. Unbewimperte Plattwürmer mit meist blatt- selten walzenförmigem Körper, bauchständigen Haftorganen und gegabeltem afterlosem Darme; zwittrige Außen- oder Binnenschmarotzer. Die Haftorgane sind wulstige Saugnäpfe am Bauche oder am Hinterende und chitinige Haken und Klammern. Mund am Vorderende, häufig im Grunde eines Saugnapfes, Darm gegabelt und oft verzweigt. Nieren wie bei den Strudelwürmern angelegt; Genitalien zwittrig. Nervensystem: ein Zerebralganglion, von dem außer vorderen Nerven sechs nach hinten verlaufende, durch Querkommissuren verbundene Längsstränge abzweigen. Augen nur bei Ektoparasiten und freilebenden Larven.

Die Entwicklung der Außenschmarotzer erfolgt aus wenigen großen Eiern direkt, die der Binnenschmarotzer, welche sehr viele kleine Eier legen, mit umständlicher Heterogonie (Fig. 70).

Die Entwicklung verläuft dann in folgender Weise: Den ins Wasser gelangenden Eiern entschlüpfen bewimperte Larven mit Hirn und diesem aufgelagertem, x-förmig verwachsenem Augenpaar, mit Darmanlage und vereinzelten großen Eizellen. Sobald diese Wimperlarven (Miracidien) in ihre ersten Zwischenwirte — regelmäßig Schnecken — eingewandert sind, verwandeln sie sich unter Verlust des Wimperkleides und der meisten inneren Organanlagen in sackförmige Sporozysten ohne Mund und Darm oder in mehrfach gegliederte Redien mit solchen. Diese Generationen erzeugen parthenogenetisch Eier; aus diesen entstehen junge Saugwürmer, Cercarien, die sich von den erwachsenen nur durch den Mangel der Geschlechtsorgane und durch einen beweglichen Ruderschwanz unterscheiden. Aus den Schnecken auswandernd dringen die Cercarien nach einiger Zeit in Würmer, Krebse, Insektenlarven, Fische ein, um sich dort nach Abwerfen des Schwanzes einzukapseln. Sobald dieser zweite Zwischenwirt von einem Wirbeltier gefressen wird, entwickeln sich die eingekapselten Larven in diesem Endwirte zur geschlechtsreifen Form. In etwas einfacherer Weise, nämlich ohne Einwande-

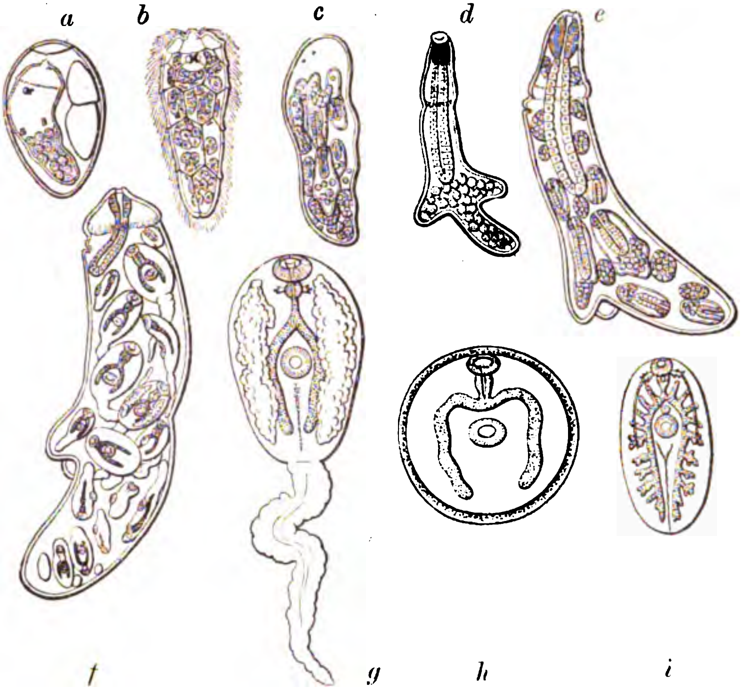



Fig. 70. Entwicklungszyklus von Fasciola (Distomum) hepatica. a Embryo, noch innerhalb der mit einem Deckel versehenen Eikapsel, neben demselben liegen Reste der Dotterzellen; b Wimperlarve (Miracidium), mit Keimzellen im Hinterkörper; c Sporozyste, die sich aus b entwickelt hat, im Innern Redien auf verschiedener Entwicklungsstufe; d junge Redie mit einfachem Darmkanal, im Hinterkörper Keimzellen; e weiter entwickelte Redie mit neuer Redienbrut im Innern; f Redie mit Cercarienbrut; g Cercarie; h dieselbe eingekapselt; i jugendliche Fasciola aus der Leber des Schafes (nach Leuckart aus Hatschek).

rung in einen zweiten Zwischenwirt, findet z. B. die Verwandlung des in der Leber des Schafes auch bei Reh und Hase häufig zu findenden Leberegels (*Fasciolo* [*Distomum*] *hepatica* L.) statt.

§ 49. **3. Klasse. Cestodes.** Bandwürmer. Bandförmige, gegliederte Plattwürmer, mit Haftwerkzeugen an dem als Kopf unterschiedenen Vorderende, mund- und darmlos; Entoparasiten, meist im Darme von Wirbeltieren. Der Kopf (Fig. 72) (Scolex), hängt sich durch Saugnäpfe und Hakenkränze (Fig. 73) an der Darmschleimhaut des Wirtes fest. Auf einen ungegliederten Halsteil folgt eine

größere oder kleinere Anzahl Glieder, die Proglottiden. Diese entstehen fortwährend durch Neubildung am Halsteile, so daß sie mit zunehmendem Alter, unter Vergrößerung und Streckung, nach hinten rücken; die hintersten ältesten Glieder werden einzeln oder gruppenweise abgestoßen. Da die Ernährung osmotisch durch die Haut geschieht, fehlen Mundöffnung und Darm. Harnorgane sind ein bis zwei Paar Längskanäle mit Querverbindungen in den Proglottiden, ihre Ausmündung am jeweiligen letzten Gliede. Nervensystem auf ein großes zweiteiliges Hirn im Scolex und zwei einfache seitliche Längsstränge beschränkt. Die Bandwürmer sind Zwitter, jedes Glied mit selbständigem vollkommenen Geschlechtsapparat (Fig. 73). Mit der Reife der Glieder schreitet auch die Ausbildung der Genitalien fort. Die befruchteten Eier gelangen in den Fruchtbehälter (Uterus), während die übrigen Teile der Geschlechtsorgane allmählich schwinden, so daß in dem zur Abstoßung gelangenden Bandwurmglied nur der von reifen Eiern strotzende Fruchthälter vorhanden ist (Fig. 74).

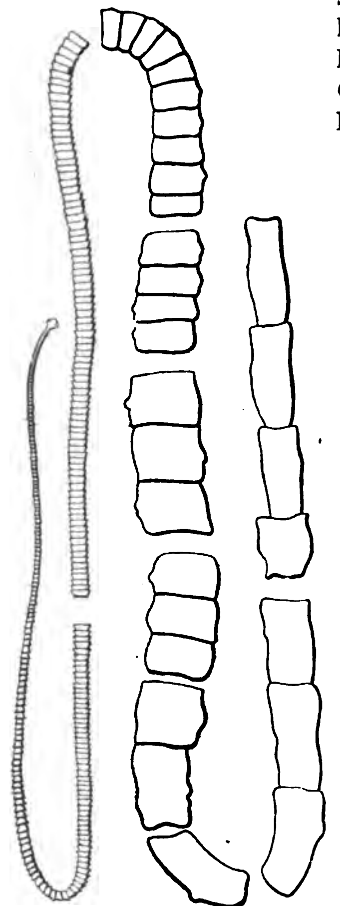


Fig. 71. Taenia saginata. Es sind Stücke aus den verschiedenen Regionen der Bandwurmkette dargestellt (nach Leuckart aus Hatscheck).

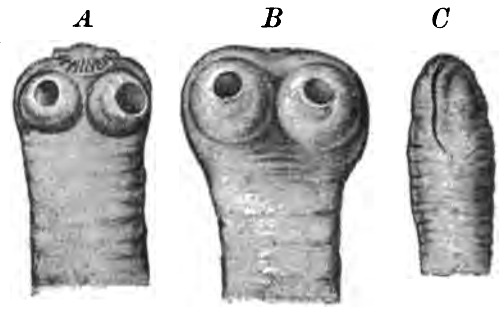



Fig. 72. Kopf von Taenia solium (A), T. saginata (B), Bothriocephalus latus (C) (aus Boas).

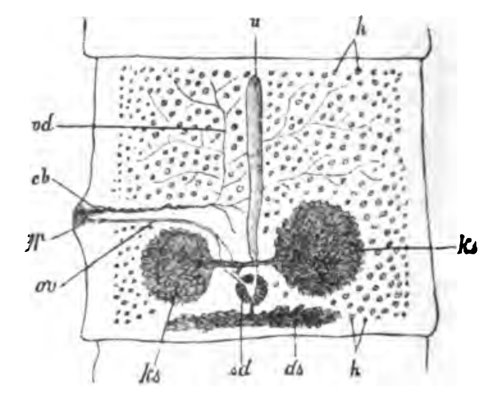



Fig. 73. Geschlechtsorgane von Taenia saginata. h Hoden, vd Samenleiter, cb Cirrusbeutel, gp Geschlechtsöffnung, ov Eileiter, ks Keimstöcke, sd Schalendrüse, ds Dotterstock, u Uterus (nach Sommer aus Lang).

Die Entwicklung ist entweder eine einfache, mit Wirtswechsel einhergehende Metamorphose oder es läuft ein Generationswechsel neben letzterer her. Als Beispiel für ersteren Fall diene die Verwandlung eines Menschenbandwurms (*Taenia solium*, Fig. 75). Im Uterusei entwickelt sich ein mit sechs Hafthaken ausgestatteter Embryo; sobald eine abgestoßene reife Proglottis nach dem Verlassen des mensch-

lichen Darmes von einem Schwein als Zwischenwirt verzehrt wird, löst dessen Magensaft die Wandung der ersteren und die Eischale, worauf der Embryo frei wird und sich mittelst seiner Häkchen in ein Blutgefäß des Darmkanals einbohrt. Vom Blutstrome mitgenommen setzt er sich in irgend einem inneren Organe — Leber, Lunge, Gehirn, Muskeln — an, wirft die Haken ab und verwandelt sich in eine mit Flüssigkeit gefüllte Blase, um welche die Gewebe des Wirts eine bindegewebige Zyste abscheiden. An der Wand dieser als Finne (Blasenwurm, *Cysticercus cellulosae*) bezeichneten Blase (Fig. 75 C, D) entsteht durch einfaches Wachstum ein nach innen eingestülpter Scolex mit Saugnäpfen, Hakenkranz und Halsteil. Um sich zum Bandwurm auszubilden, muß die Finne wieder in den Endwirt, den Menschen, gelangen, wozu ihr der Weg gebahnt wird, wenn dieser finniges Schweinefleisch in rohem oder ungenügend gekochtem Zustande verzehrt. Nach Verdauung der Zyste wird der Blasenwurm frei, stülpt sich aus (Fig. 75 E), wirft die Blase ab und gelangt in den Dünndarm, wo er sich festheftet und zum gegliederten Bandwurm auswächst. Bisweilen fällt der Wirtswechsel fort, indem von einem Darmbandwurm ausgehend Finnen in Körperteilen (Auge, Gehirn) des Menschen entstehen. Mit der

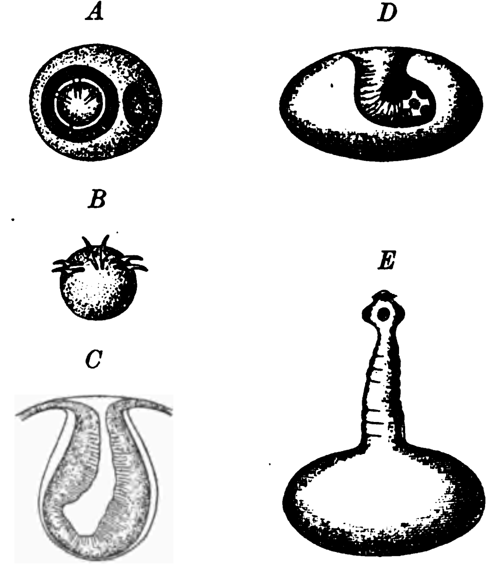



**Fig. 75. Entwicklungsstadien von Taenia solium; vergrößert. A Ei mit dem in die Embryonalschale eingeschlossenen 6 hakigen Embryo. B Freier 6 hakiger Embryo. C Das noch eingestülpte, an der Wand der Finne knospende Köpfchen, welches noch keine Saugnäpfe und Haken besitzt. D Cysticercus cellulosae mit eingestülptem, aber bereits Haken und Saugnäpfe tragenden Köpfchen; E derselbe nach Ausstülpung des Bandwurmköpfchens (aus Leunis).**




**Fig. 74. Reife Glieder A von Taenia saginata, B von Taenia solium. Die verästelte Figur ist der Fruchthälter (Uterus) (aus Lang).**

oben beschriebenen Metamorphose ist bei anderen Bandwürmern ein Generationswechsel verbunden, wenn in der Finnenblase nicht nur ein Scolex entsteht, sondern mehrere selbst viele Knospen (Fig. 76), wie es bei *Coenurus cerebralis*, der zu *Taenia coenurus* gehörenden im Gehirn des Schafes lebenden Finne, der Fall ist, oder wenn gar an der Innenwand Tochter-, und in diesen oft Enkelblasen (multilokulärer Echinococcus) entstehen, in denen sich die Köpfe bilden (*T. echinococcus*, Fig. 76).

Die sehr zahlreichen Bandwurmarten sind auf besondere Wirte und Zwischenwirte angewiesen, welch letztere auch Evertebraten sein können; so haust der Katzenbandwurm (*T. crassicollis* Rud.) als Finne in der Hausmaus, der Entenbandwurm (*T. anatina* Krabbe) als solche in Muschelkrebschen. *Bothryocephalus latus* Brems. Breiter Bandwurm des Menschen (5—9 m, 3000 Glieder), Finne in Hecht und Quappe, Ostseeprovinzen. *Taenia serrata* Goeze in Hund, Finne in der Hasenleber. *Taenia*

*coenurus* v. Sieb. Quesenbandwurm des Hundes, Finne im Gehirn drehkranker Schafe. *Taenia echinococcus* v. Sieb. im Darm des Hundes, 3—6 mm lang, mit wenigen Proglottiden; Finne (Hülsenwurm) *Echinococcus polimorphus* in Leber, Lunge, Gehirn und Knochen des Menschen und der Haustiere.

§ 50. 2. Unterstamm, Coelhelminthes. Hohlwürmer. Langgestreckte Würmer mit Leibeshöhle, Enddarm und After, Gehirn und Längsnervensträngen, von denen ein stärkerer das Bauchmark darstellt.

**4. Klasse. Nematodes. Rundwürmer.** Meist kleine, drehrunde und ungegliederte Würmer mit einem aus Hirn und Bauchmark verschmolzenen, den Schlund umschließenden Nervenring. Bedeckung des gestreckten, meist an beiden Enden verjüngten Körpers ist eine Cuticula auf der sie erzeugenden Hypodermis. Der Hautmuskelschlauch besteht aus einer Schicht von Muskelbildungszellen, die an ihrer Oberfläche Längsmuskelfasern abgeben, nach innen aber einen cölomähnlichen Hohlraum abgrenzen. Die Hypodermis ist in vier Längsstreifen nach innen zu ver-

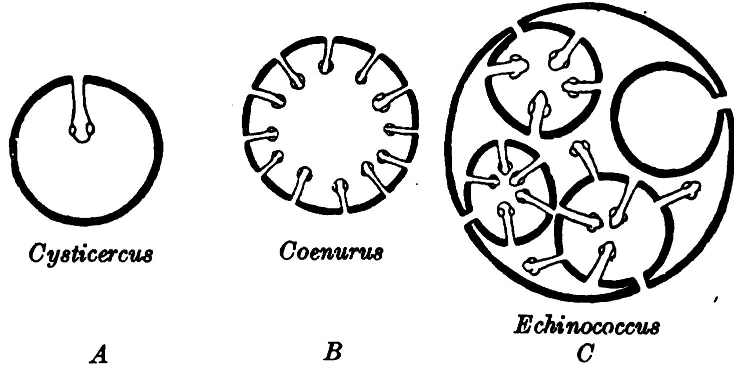



Fig. 76. Die drei Blasenwurmtypen, schematisch dargestellt. A Taenia solium. B Taenia coenurus. C Taenia echinococcus (aus Ritzema Bos).

dickt; jene Verdickungen teilen den Hautmuskelschlauch in vier Längsfelder. Im Cölom ist der Darm frei aufgehängt; sein Vorderteil ist deutlich abgesetzt; die Mundhöhle kann mit Stacheln und Zähnen bewaffnet sein; der After liegt vor dem hinteren Körperende (Fig. 77). Atmungs- und Kreislaufsorgane fehlen; als Nieren sind zwei in den Seiten verlaufende Kanäle zu betrachten, die vorn vereinigt durch einen Porus ausmünden. Vom Nerven-Schlundring aus verlaufen zwei starke Längsstränge am Rücken und Bauch; Augen besitzen nur freilebende Formen. Die Hoden der getrennt geschlechtlichen Rundwürmer münden mit dem After in eine Kloake, die mit zwei Begattungsorganen (Spikula) in Form elastischer, vorstreckbarer Chitinstäbe ausgestattet zu sein pflegt, sowie öfters mit einer häutigen Glocke (Bursa), die über die Scheidenöffnung des Weibchens gedeckt wird, diese liegt in der Mitte des Körpers. Die meisten Rundwürmer legen hartschalige Eier, manche sind vivipar. Neben direkter Entwicklung kommt Metamorphose und Heterogonie vor. Die Nematoden können sich wegen der mangelnden Ringmuskeln nur durch Schnellen des zusammengekrümmten Körpers bewegen; freilebende Formen kommen im Schlamm der süßen und salzigen Gewässer und in feuchter Erde vor, während die Schmarotzer in Pflanzen und in Tieren hausen. Viele leben nach dem Austrocknen, wenn sie befeuchtet werden, wieder auf.

Fam. *Anguillulidae*. *Tylenchus scandens* Schn. Weizenälchen in Körnern des Weizens. *Heterodera schachtii* Schm. verursacht die Rübenmüdigkeit. *Allantonema mirabile* Leuck. in der Leibeshöhle von *Hylobius*.

Fam. *Filariidae*. *Filaria medinensis* L. 50—80 cm lang, in der Haut des Menschen, Tropen. *Trichocephalus trichiurus* L. (= *dispar* Rud.) Peitschenwurm im Darm des Menschen. *Trichinella* (*Trichina*) *spiralis* Ow. Geschlechtsreif als Darmtrichine im Dünndarm von Fleischfressern, besonders aber bei Schwein und Wildschwein, die viviparen Weibchen wandern in die Lymphbahnen. Die Brut wandert den Blutgefäßen folgend in die Muskeln, wächst, kapselt sich ein (Muskeltrichine), die befallene Muskelfaser degeneriert. Nach passivem Wirtswechsel wird die Muskeltrichine im Darm frei und geschlechtsreif. *Strongylus commutatus* Dies. In Luftröhre und Bronchien des Hasen und Kaninchens. *Str. filaria* Rud. Bronchien des Schafes. *Ancylostoma duodenale* Dub. Hakenwurm. Beißt Wunden in die Darmhaut, saugt Blut. Wurmkrankheit der Bergleute. Italien, Aegypten. — *Syngamus trachealis* Sieb, Luftröhre des Haushuhns.

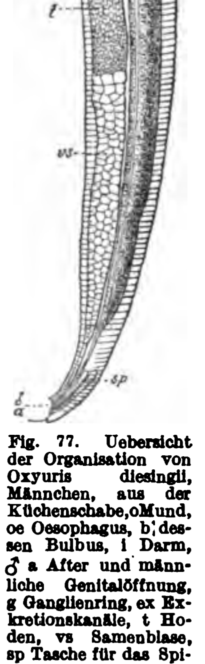



Fig. 77. Uebersicht der Organisation von Oxyuris diesingii, Männchen, aus der Küchenschabe, o Mund, oe Oesophagus, b dessen Bulbus, i Darm, ♂ a After und männliche Genitalöffnung, g Ganglienring, ex Exkretionskanäle, t Hoden, vs Samenblase, sp Tasche für das Spiculum (aus Hatschek).

Fam. *Ascaridae*. *Ascaris lumbricoides* L. Spulwurm 20—40 cm. Im Dünndarm des Menschen. *Oxyuris vermicularis* L. Madenwurm im Dickdarm der Kinder (Fig. 77).

**5. Klasse. Acanthocephali, Kratzer** (Fig. 79). Entoparasitische Würmer mit walzenförmigem Körper, vorn mit einstülpbaren hakentragendem Rüssel, ohne Darm. Darm, Mund und After fehlen; hinter dem Rüssel ein Ganglion. Entwicklung eine Metamorphose mit Wirtswechsel; die Erwachsenen im Darme von Wirbeltieren, mit deren Kot die Eier nach außen gelangen und von Arthropoden gefressen werden. Die Larven entwickeln sich in deren Leibeshöhle zu jungen Kratzern, geschlechtsreif werden diese aber erst im Endwirte, der den Zwischenwirt frißt. — *Echinorhynchus gigas* Goeze, Riesenkratzer, bis 65 cm lang, im Schwein, Larve im Engerling. Zahlreiche Arten in Fischen, ihre Larven in Wasser bewohnenden Gliedertieren.

§ 51. **6. Klasse. Annelida. Ringelwürmer.** Meist gleichartig metamere Hohlwürmer mit gekammertem Cölom, Hirn und Bauchmark, geschlossenem Blutgefäßsystem und segmentalen Nephridien.

1. Ordn. Chaetopoda. Borstenwürmer. Ringelwürmer mit äußerer und innerer Gliederung und segmentalen Borstenbündeln in der Haut. — Integument in Segmente gegliedert, die den inneren Metameren nicht entsprechen; auf den Ringeln stehen Gruppen von steifen Borsten, welche durch Verbindung mit Hautmuskeln beweglich, auf Fußstummeln (Parapodien) oder in Hautgruben, angebracht sind. Der Hautmuskelschlauch besteht aus Ring- und Längsfasern. Leibeshöhle durch quere Scheidewände gekammert; diese Teilung überträgt sich auf Hautmuskelschlauch, Bauchmark und Nieren. Darm mit Mund, muskulösem Schlund und After. Das Blut strömt in geschlossenen Bahnen, die wesentlich aus einem Längsgefäß über und einem solchen unter dem Darm nebst segmentalen Querverbindungen bestehen; Nieren als Segmentalorgane (Fig. 29) ausgebildet; Nervensystem aus Gehirn, Schlundring und zwei Längssträngen (Bauchmark) mit segmentalen Ganglien (Fig. 31), Fortpflanzung gelegentlich durch Querteilung unter Regeneration der den Stücken fehlenden Körperteile, sonst teils

zweigeschlechtlich, teils zwittrig. Entwicklung direkt oder mit Metamorphose. Teils Wasser-, teils im Boden wühlende Landtiere, selten Parasiten.

1. Unterordn. Polychaeta. Meeresborstenwürmer. Getrenntgeschlechtliche Borstenwürmer mit vielseitig ausgebildeten Borstenbündeln und Parapodien zur Bewegung, Atmung und Sinneswahrnehmung am Kopfe und Rumpfe. Entwicklung durch Metamorphose. Entweder freischwimmende räuberische oder in ausgeschiedenen Röhren festsitzende, von einzelligen Algen lebende Meerestiere. *Arenicola marina* L. hat dieselbe Bedeutung für den Meeresboden, wie der Regenwurm für das Land.

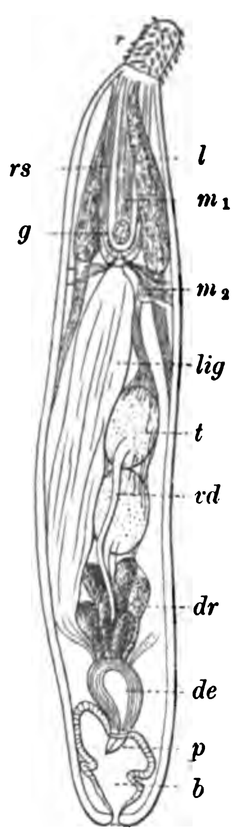



**Fig. 79.** Echinorhynchus angustatus ♂; r Rüssel, rs Rüsselscheide, g Ganglien, l Lemniscen, m 1 Retraktor des Rüssels, m 2 dgl. der Rüsselscheide, lg axiales Ligament, t Hoden, vd Samenleiter, dr Drüsen (Prostata), de Ductus ejaculatorius, p Penis, b vorstülpbare Bursa copulatrix (nach Leuckart aus Hatschek).

**Fig. 78.** ♂ u. ♀ von Syngamus trachealis in Begattung, links das ♂, rechts das ♀; vergrößert (aus Leunis).

2. Unterordn. Oligochaeta. Zwittrige Borstenwürmer mit wenigen Borsten, ohne sonstige Körperanhänge; Wasser- und Landbewohner. Kopf nicht gesondert, ohne Augen. Die wenigen Borsten in Bündel gestellt; Parapodien und Atmungsorgane fehlen. Darm in verschiedene Abschnitte (Schlundkopf, Speiseröhre, Muskelmagen) geteilt. Begattung wechselseitig; nachts auf dem Erdboden, hierbei wird aus mehreren verdickten Ringeln der Genitalgegend (Clitellum) ein beide Tiere umschließender Schleimgürtel abgeschieden. Eier oft in Kokons eingeschlossen; Entwicklung direkt.

Fam. *Lumbricidae*. Regenwürmer. *Lumbricus terrestris* L. Bohren Röhren in der humosen Erde, verzehren verwesende Pflanzenstoffe und Erde; setzen den Kot oberirdisch ab; ihr Treiben befördert die Lockerung, Durchlüftung und Durchfeuchtung der oberen Bodenschicht, trägt also zur Bodenverbesserung für den Pflanzenwuchs bei.

2. Ordn. Hirudinea. Egel. Im Meer und Süßwasser lebende zwittrige Ringelwürmer ohne äußere Metamerie, ohne Borsten oder Parapodien. Körper rund oder abgeflacht, äußerlich in zahlreiche ganz kurze Ringel geteilt deren 3 oder 4 einem Segment entsprechen. Um den Mund ein kräftiger Saugnapf, eine große, endständige Haftscheibe hinter dem After; kriechen spannerartig, wobei sie sich abwechselnd mit den Saugscheiben festhalten, oder schwimmen sich schlängelnd. Das Cölom durch Wucherung des Füllgewebes bis auf spaltenartige Reste geschwunden, ebenso die Metamerie der Muskulatur. Am Schlunde entweder ein vorstülpbarer Rüssel oder in der Mundhöhle drei gezähnelte, chitinige Kiefer, die sägeartig beweglich sind. Mitteldarm mit zahlreichen großen Seitentaschen. Das Blut kreist in den Cölomresten, die sich zu Gefäßstämmen vereinigen können. Segmentalorgane vor der Mündung mit blasigen Anhängen. Zerebralganglien und Bauchganglienkette. Am Vorderkörper mehrere Augenpaare. Hoden in segmental gereihten Paaren, Samenleiter zu einem ausstülpbaren Penis vereinigt; dahinter die weibliche Geschlechtsöffnung; zwei Eierstöcke mit Leitungsgängen. Die Eier werden in Kokons abgelegt, Entwicklung direkt. Die Meeresegel sind Außen-

schmarotzer, die des Süßwassers zeigen alle Uebergänge von der räuberischen zur ektoparasitischen Lebensweise.

Fam. *Rhynchobdellidae.* Rüsselegel. Mit vorstreckbarem Rüssel. *Piscicola geometra* L., Fischegel. Oft in Menge auf Haut und Kiemen der Süßwasserfische.

Fam. *Gnathobdellidae.* Kieferegel. Mit drei am Rand von Zähnchen besetzten Muskelwülsten (Kiefern). *Hirudo medicinalis* L. Gemeiner Blutegel. Saugt in der Jugend das Blut von Wasserinsekten, dann an Fröschen, endlich, um geschlechtsreif zu werden, an Warmblütern; das Gerinnen des aus der Bißwunde dringenden Blutes wird durch das Sekret besonderer Munddrüsen verhindert. Kokon in feuchter Erde; in Brutteichen gezüchtet. *Branchiobdella astaci* an Kiemen und Gelenkhäuten des Flußkrebses.

§ 52. **7. Klasse. Entoprocta.** Kleine, meist festsitzende, stockbildende und polypenähnliche Bilateraltiere, ungegliedert; mit kreis- oder hufeisenförmigem Tentakelkranz, der Mund und After umschließt; ferner mit einer kutikularen Gehäuseausscheidung, geräumiger Cölomhöhle und Darm; ohne Blutgefäße und teilweise ohne besondere Harnorgane; Nervensystem aus einem Bauchganglion mit Abzweigungen bestehend; Zwitter; Fortpflanzung geschlechtlich oder durch Knospen. Den Ectoprocten sehr ähnlich durch die analoge Ausbildung nicht homologer Organe; den Scoleciden nahestehend in bezug auf die Ausbildung des Cöloms. Sie bilden durch ihre vielverzweigten Stöcke moosähnliche grüne Rasen am Meeresboden; nur eine Gattung im Süßwasser Nordamerikas.

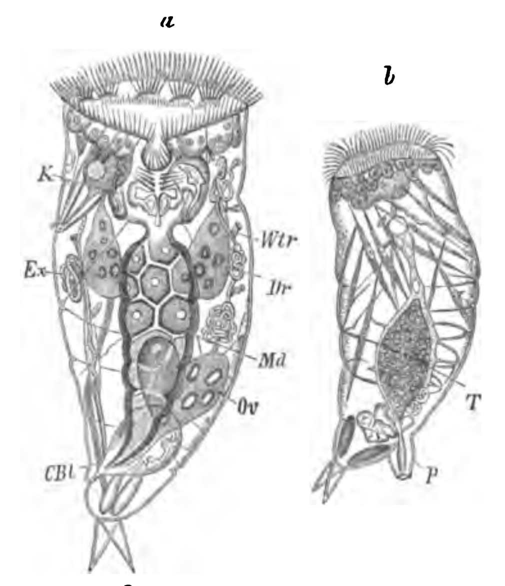


Fig. 80. a ♀, b ♂. K Kaumagen, Dr Drüse. Md Magendarm, Wtr Wimpertrichter des Ex Excretionsapparats, CBl contractile Blase, T Hoden, p Penis, Ov Ovarium (nach Cohn).

§ 53. **8. Klasse. Rotatoria. Rädertiere** (Fig. 80). Mikroskopisch kleine Würmer von verschiedenster Gestalt, walzenförmig oder flach, manche mit chitinösem Panzer, andere mit fernrohrartig einziehbarem Fuß, mit einziehbaren Wimperkreisen (Räderorgan) vor und hinter dem Munde, die zum Ortswechsel und Heranstrudeln von Nahrung dienen. Darm mit Kauapparat im Schlunde, Speichel- und Mitteldarmdrüsen; zwei Exkretionsorgane in der Leibeshöhle, mit kontraktiler Blase; Nervensystem mit Zerebralganglion und Längsnerven; ein bis zwei dem ersteren anliegende Augen sowie Tastorgane. Hoden gewöhnlich einfach; Eierstock meist unpaar, mit und ohne Eileiter. Männchen kleiner als die Weibchen, darmlos, nur von einigen Arten bekannt und selten, die Fortpflanzung daher großenteils agam; Eier im Sommer dünn-, im Herbst dickschalig; die letzteren ruhen als Dauereier über Winter, manche (Philodineen) sind vivipar. Entwicklung meistens direkt. Die Rotatorien bewohnen vorwiegend das Süßwasser, freischwimmend oder angeheftet, einige im feuchten Moos der Wälder, andere parasitisch; sie vermögen sich stark zusammenzuziehen und so längere Zeit der Austrocknung zu widerstehen. Sie stellen einen nicht unbedeutenden Anteil an der Naturnahrung der Fische.

### 5. Stamm. Arthropoda. Gliederfüßer.

§ 54. Gegliederte Bilateralia, mit chitinigem Außenskelett, metamer zerlegtem Hautmuskelschlauche und paarig angeordneten, bauchständigen, gegliederten Anhängen (Gliedmaßen) der Segmente.

Die Organisation der Gliederfüßer zeigt gegenüber jener der Borstenwürmer einen außerordentlichen Fortschritt in der Ausbildung paariger gegliederter Extremitäten, welche eine vielseitige oft rasche Bewegung in allen Medien ermöglichen. Die Gliedmaßen sind so anpassungsfähig, daß sie außerdem zu Organen des Nahrungserwerbes, der Atmung und Fortpflanzung werden; selbst die Ausübung von Kunsttrieben ermöglichen. Ihre Ausbildung als geknickte Stäbe war nur ermöglicht durch das Entstehen des Außenskeletts, das ihren Muskelsträngen die festen Ansatzpunkte bietet und der Gliederung jener durch Gelenkbildung folgt. Das Außenskelett ist eine vom Epithel erzeugte Chitincuticula; sie wird schichtenweise aufgelagert und kann durch Aufnahme von Kalksalzen zu einem steinharten Hautpanzer werden, immer aber mit weichbleibenden Stellen (Gelenkhäuten) zwischen den Segmenten. Wimpern finden sich nirgends mehr. Um den Weichteilen das Wachtum zu ermöglichen, wird die Cuticula von Zeit zu Zeit, namentlich in der Jugend, als Ganzes abgeworfen und dabei durch eine neue unter der alten entstandene ersetzt. Mit der Vielseitigkeit der Lebensverrichtungen steht der gruppenweise Zusammenschluß von mehreren Segmenten (Heteronomie) und die Umbildung von Gliedmaßenpaaren für bestimmte Leistungen im Zusammenhang. Die Heteronomie des Arthropodenkörpers (Fig. 81) tritt in der Bildung von drei Körperabschnitten zutage: Kopf, Brust und Hinterleib. Der Kopf besteht aus verschmolzenen Segmenten, umschließt das Gehirn, trägt die Mundöffnung nebst den zum Nahrungserwerb dienenden Gliedmaßen, die Fühler und Augen. Die Brust (Thorax) ist bei Krebsen und Spinnentieren, mit dem Kopf verschmolzen, aber stets durch den Besitz der eigentlichen der Ortsbewegung dienenden Gliedmaßen bezeichnet. Der Hinterleib (Abdomen) besteht gewöhnlich aus zahlreicheren Segmenten als Kopf und Brust, er ist häufig gliedmaßenlos, sonst mit Extremitäten versehen, die zumal der Atmung und Fortpflanzung dienen. Die gesamte Muskulatur ist quergestreift. Die inneren Organe sind stets so gelagert, daß dorsal das Zentrum des Blutkreislaufes liegt, dann nach unten der Darm und die Geschlechtsorgane folgen, und ventral das Bauchmark sich hinzieht (Fig. 117). Das Zentralorgan des Blutgefäßsystems ist ursprünglich ein metamer gekammertes Rückengefäß mit entsprechenden paarigen, durch Klappen verschließbaren Seitenspalten (Fig. 27); es kann einkammerig werden oder auch ganz verschwinden, wie bei vielen Krebsen und Milben. Immer ist das Herz von einem besonderen Abschnitt der Leibeshöhle (Perikardialsinus) umgeben; es enthält farbloses oder gefärbtes,

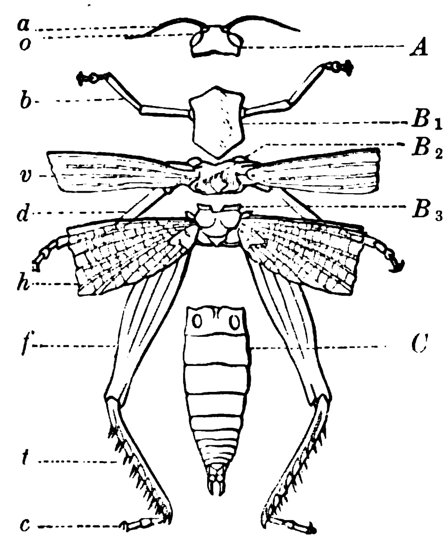


Fig. 81. Die Regionen des Arthropodenkörpers. A Kopf, B Brust, B 1 Vorder-, B 2 Mittel-, B 3 Hinterbrust, C Hinterleib, a Fühler, o Auge, b erstes, d zweites Beinpaar, f Femur, t Tibia, c Tarsus des dritten Beinpaares, v Vorder-, h Hinterflügel (aus Wossidlo).

zellenhaltiges Blut, das nur streckenweise in besonderen Gefäßen gefaßt wird, im übrigen aber die Lakunen des Füllgewebes durchströmt; so daß Blut- und Leibeshöhlenflüssigkeit dieselben sind. Die Ausbildung eigener Gefäße ist abhängig von der Form der Atmung: bei den durch die Haut- oder durch Tracheen atmenden *Tracheata* (Tausendfüßler, Insekten) fehlen Gefäße fast ganz, während bei der lokalisierten Kiemenatmung und davon abzuleitenden Einrichtungen, bei Krebs- und Spinnentieren (*Branchiata*), der in örtlich beschränkte Organe aufgenommene Sauerstoff auch den entferntesten Körperteilen durch ein ausgebreitetes Gefäßnetz zugeführt werden muß. Im ersteren Falle findet der Gaswechsel in den Geweben selber statt, daher ist das Blut nicht Träger der Atemgase, also weder arteriell noch venös, im anderen Falle ist es in die Respirationswerkzeuge eintretend venös, im Herzen arteriell. Der Darm ist in der Regel wohl ausgebildet, er fehlt in manchen Fällen (unter den Schmetterlingen den Spinnern); manchmal ist er blind geschlossen (Larven der Bienen, mancher Borkenkäfer). Nephridien besitzen nur die Branchiaten, während sie bei den Tracheaten durch exkretorische Anhangdrüsen des Darmes, die Malpighischen Gefäße, ersetzt sind. Im Nervensystem ist die Angliederung massiger Ganglien der Kopfsinnesorgane (Augen, Fühler) an das Gehirn beachtenswert; vom Schlundring erstrecken sich durch den Körper zwei Nervenstränge als Bauchmark, deren metamere Ganglienknoten in ihrer Zahl und Verteilung engen Anschluß an die wechselnde äußere Heteronomie zeigen (Fig. 32). Alle Arten von Sinnesorganen sind nachweisbar: Tastwerkzeuge durch Tasthaare, die Sehorgane durch immer kopfständige einfache und zusammengesetzte Augen, ferner Geruchs-, Geschmacks-, Gehör- und statische Organe. Die Fortpflanzung ist geschlechtlich, Parthenogenese tritt neben Gamogenese auf, die Geschlechter sind mit Ausnahme einiger Krebse getrennt. Den Geschlechtsorganen kommt stets nur ein Paar Keimdrüsen zu; sie münden durch besondere Ausführungsgänge nach außen, die Entwicklung erfolgt in der Regel durch Metamorphose.

1. Unterstamm. Branchiata. Kiemenatmer. Durch Kiemen oder durch die von Kiemen abzuleitenden Pseudotracheen atmende Gliederfüßler mit verschmolzenem Kopf- und Brustabschnitt (Cephalothorax) und großer Mitteldarmdrüse (Leber).

§ 55. **1. Klasse. Crustacea. Krebse.** Wasserbewohnende, durch die Haut oder durch Kiemen atmende Gliederfüßer mit zwei Antennenpaaren und zweiästigen Beinen, die an allen Segmenten vorkommen können. Der Chitinpanzer ist vielfach durch Kalkeinlagerung verstärkt („Krustentiere"). Die Ungleichartigkeit der (heteronomen) Gliederung zeigt sich zunächst in dem Verschmelzen der fünf ersten Segmente zum Kopfe, der meistens mit dem Brustabschnitte zu einem Kopfbruststück (Cephalothorax) verwachsen ist (Fig. 87); der Hinterleib ist meist gleichartig segmentiert. Das Kopfbruststück kann bisweilen, z. B. bei den Muschelkrebsen (Fig. 85), eine Hautverdoppelung tragen, die als ein- oder zweiklappige Schale das Tier ganz oder teilweise bedeckt. Alle Körpersegmente können Gliedmaßen tragen. Diese (Fig. 82) setzen sich mit einem zweigliederigen Stamm (Protopodit) an den Körper. Dieser Stamm trägt zwei Aeste, deren jeder aus mehreren Gliedern besteht, einem Innenast (Endopodit) und einem Außenast (Exopodit). Weitere als Kiemen dienende äußere Anhänge des Stammes heißen Kiemenäste (Epipoditen). Von dieser Grundform der Extremitäten gibt es jedoch viele Abweichungen insofern, als diese sich in ihrer Gestalt besonderen Funktionen angepaßt haben: die beiden ersten Paare, die den niederen Krebsen (Fig. 84, 85) noch zum Rudern dienen, wurden bei höheren Krebsen als erste und zweite

Antenne zu Trägern von Sinneswerkzeugen, die weiteren drei Paare als Vorder-, Mittel- und Hinterkiefer zu Kauwerkzeugen; auch die vordersten Paare der Brustfüße treten oft in den Dienst der Nahrungsaufnahme und rücken dabei weit nach vorn als Kieferfüße; sämtliche Brustfüße tragen häufig Kiemen, während die hinteren Paare zum Rudern oder Gehen dienen. Wenn letztere Benutzung in den Vordergrund tritt, pflegt Rückbildung der Exopoditen, aber auch die Neubildung von endständigen Scheeren (Fig. 87) einzutreten. Die meist kleinen Abdominalbeine sind Hilfsorgane der Atmung oder Fortpflanzung geworden. Der Darm verläuft gradlinig durch den Körper; das Ende des Schlundes ist oft zu einem Kaumagen mit zahnartig bewehrten Chitin-Kauplatten umgestaltet; am Anfang des Mitteldarms liegt eine schlauchförmige Anhangsdrüse, die als Leber, besser als Hepatopankreas, bezeichnet wird. Für die Ausbildung des Blutgefäßsystemes ist die Art der Atmung maßgebend: kleine, dünnhäutige, zur Hautatmung befähigte Formen besitzen höchstens das einkammrige Herz ohne Blutgefäße, während mit der Atmung durch Kiemen die Ausbildung eines, wenn auch nicht geschlossenen, Gefäßsystemes verbunden ist. Man unterscheidet zwei Paare Nephridien, die selten gleichzeitig vorkommen; das erste (Antennendrüse) ist den höheren Krebsen eigen, es mündet am Grunde der zweiten Antenne, das andere (Schalendrüse), bei niederen Krustern verbreitet, mündet am Hinterkiefer. Der elementare typische Bau des Nervensystems mit je einem Ganglienpaar in jedem Segment ist dadurch verwischt, daß die Ganglien der Brustregion meist vergrößert und einander genähert sind und das Gehirn durch die herangerückten großen Ganglien der Augen und des zweiten Antennenpaares an Masse gewinnt. Netzaugen können auf beweglichen Fortsätzen des Kopfes stehen (Stielaugen). Die getrennten — nur bei manchen Parasiten zwittrigen — Geschlechtsorgane münden am Hinterrande der Brust oder am Anfang des Hinterleibes; mit umgewandelten Abdominalbeinen (Fig. 87) können Spermatophoren oder abgelegte Eier getragen werden. Die Entwicklung ist meist mit Metamorphose verbunden; die Larve, *Nauplius* (Fig. 83), hat nur drei Gliedmaßenpaare, die, zuerst nur als Ruderfüße gebraucht werden, nach der Metamorphose aber der 1. und 2. Antenne und dem Vorderkiefer entsprechen; an dem ovalen Leib bilden sich allmählich von vorn nach hinten fortschreitend die Metameren. Die Schalenkrebse verlassen auf einer höheren Entwicklungsstufe als Zoëa-Larve mit 7—8 Gliedmaßenpaaren das Ei (Fig. 88).

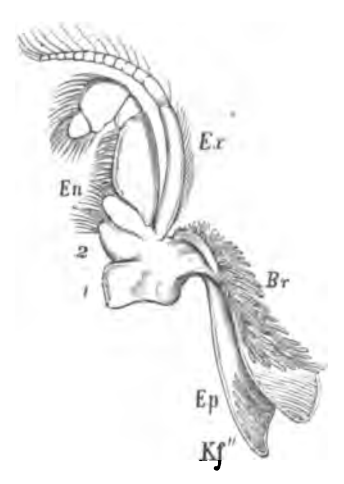


Fig. 82. Zweiter Kieferfuß des Flußkrebses. En Endopodit, Ep Epipodit, Br dessen Kieme, 1, 2 die Glieder des Stammes (aus Claus-Grobben).


Fig. 83. Nauplius-Larve eines Copepoden (Cyclops), $a^1$, $a^2$, b die 3 Gliedmaßenpaare; $a^1$ wird zum ersten; $a^2$ zum zweiten Fühlerpaare; b zu den Vorderkiefern (aus Leunis).

1. Ordn. Trilobitae. Diese Ordnung umfaßt fossile Krebstiere. Sie waren Meeresbewohner; ihre Reste finden sich in palaeozoischen Ablagerungen.

2. Ordn. Phyllopoda, Blattfüßer. Kleine Krebse mit blattartig gelappten, kaum gegliederten Beinen, verkümmerten Kiefern, fußlosem Abdomen und meist mit Rückenschild.

Unterordn. Cladocera. Wasserflöhe. Der Körper besitzt nur wenige Segmente, eine zweiklappige, den Kopf freilassende Schale und als starke Ruderwerkzeuge geformte zweite Antennen; die Brustfüße dienen zum Wasserwechsel für die Zwecke der Atmung; ein mittleres, von der Haut überdecktes Auge; Herz sackförmig, ohne Gefäße (Fig. 84). Getrennten Geschlechtes. Die während der warmen Jahreszeit parthenogenetisch produzierten Eier werden vom Weibchen getragen und entwickeln sich in einem Brutraume zwischen Schale und Rücken. Männchen seltener, treten nur zu gewissen Zeiten auf, namentlich dann, wenn die Lebensbeding-

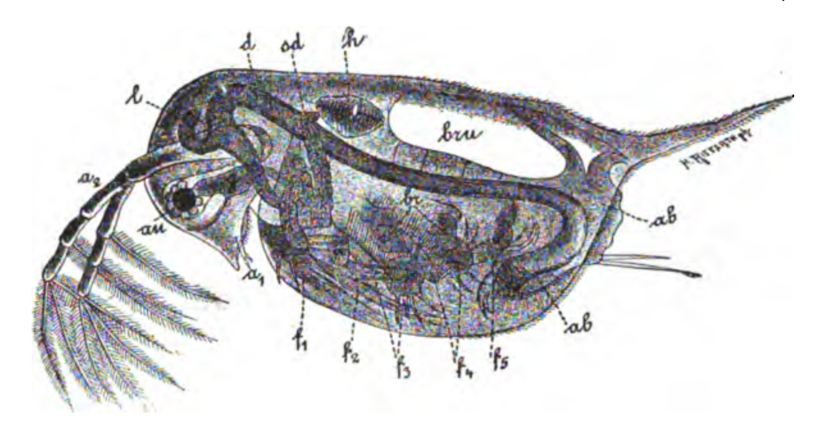



Fig. 84. Daphnia similis, junges Weibchen. $a_1$ Antennula, $a_2$ zweite (Ruder-)Antenne, l Leberblindsack, au Auge d Darm, sd Schalendrüse, h Herz, bru Brutraum, ab Abdomen, br Kiemensäckchen, $f_1$—$f_5$ Rumpffüße, g Gehirn (nach Claus aus Lang).

ungen ungünstig sind; nun legen die Weibchen befruchtete hartschalige Dauereier, welche mit verdickten Teilen der Rückenhaut (Sattel, Ephippium) als schützender Bekleidung umgeben abgelegt werden. *Sida crystallina* Mull., *Daphnia pulex* de Geer,

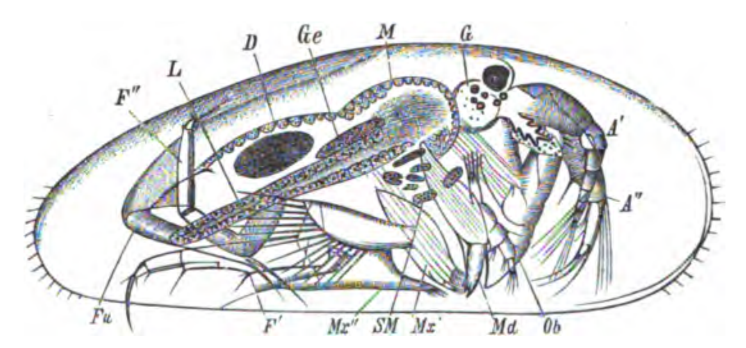



Fig. 85. ♀ Noch nicht geschlechtsreifes Cypris-Weibchen nach Entfernung der rechten Schalenklappe. A', A'' die Antennen des 1. und 2. Paares. Ob Oberlippe, Md Mandibel mit beinartigem Taster, Mx', Mx'' die Maxillen des 1. und 2. Paares, F' Kriechfuß, F'' Putzfuß, Fu Gabel, G Gehirnggangliom mit dem unpaaren Auge, vor demselben die Antennendrüse, SM Schalenmuskel, M Magen, D Darm, L Leberschauch, Ge Genitalanlage (aus Claus).

*D. similis* de Geer, *Bosmina longirostris* Mull., *Leptodora kindti* Focke sind bekannte Tiere des Süßwasserplanktons.

3. Ordn. Ostracoda. Muschelkrebse. Kleine, seitlich zusammengedrückte, ungegliederte Krebstiere, ganz in eine zweiklappige Schale eingeschlossen; nur sieben Gliedmaßenpaare, worunter die zweiten Antennen beinartig (Fig. 85). *Cypris fuscata* Jur.; — *Candona candida* Mull. Süßwasser; — *Cypridina mediterranea* Costa, Mittelmeer.

4. Ordn. Copepoda, Ruderfüßer. Körper gestreckt, meist wohlgegliedert, ohne Schale; 1. Antenne als Bewegungswerkzeug ausgebildet; fünf typische Brustfüße; Kopf und 1. Brustsegment zum Cephalothorax verschmolzen; Hinterleib fußlos, in eine Gabel auslaufend; Kiemen, Netzaugen und meistens auch das Herz fehlen; die Eier werden in zwei Schläuchen vereinigt vom Weibchen am Hinterleibe getragen (Fig. 86). Freilebend oder parasitisch. Manche Formen haben durch Schmarotzertum weitgehende Umbildungen, ja Rückbildungen bis zur völliger Unähnlichkeit mit Krebsen erfahren (Fig. 57); *Diaptomus castor* Jur.; *Cyclops fuscus* Jur., frei lebend, *Ergasilus sieboldi* Nordm. und *Chondracanthus gibbosus* Kröy. parasitisch auf Fischen.

5. Ordn. Branchiura. Parasitisch sich ernährende Krebse mit schildförmiger Schale und stechenden Mundteilen. *Argulus foliaceus* L. Karpfenlaus. Vorn am Bauche mit zwei großen Saugnäpfen. Schmarotzt auf der Haut von Süßwasserfischen.

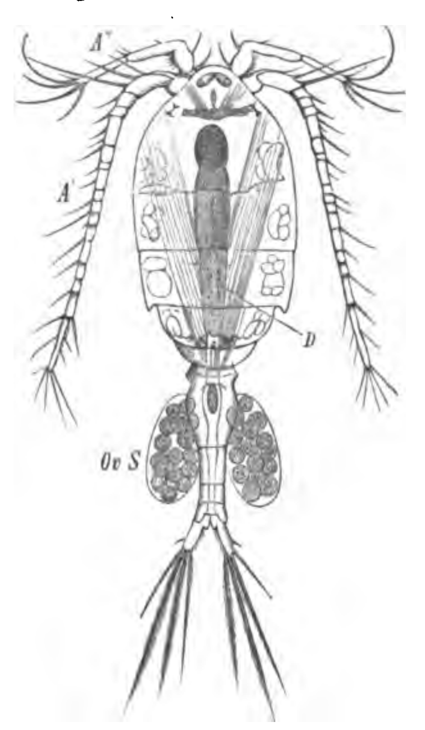


**Fig. 86.** Weibchen von Cyclops fuscus, von der Rückenseite. A', A'' die 1. und 2. Antenne, D Darm, OvS Eiersäckchen (aus Claus).

6. Ordn. Cirripedia, Rankenfüßer. Mit dem Kopfende festgewachsene, von einer Schale umschlossene, hermaphroditische Meeresbewohner, die an Felsen, Muscheln und Meerestieren festsitzen oder sich in dieselben einbohren. *Lepas anatifera* L. Entemuschel.

7. Ordn. Malacostraca. Der Körper ist in 20 Segmente gegliedert, davon 13 zum Cephalothorax und 7 zum Abdomen gehören; alle Segmente, mit Ausnahme des letzten, plattenförmigen (Telson) tragen Gliedmaßen, zusammen 19 Paare; der sonstige Bau weist zusammengesetzte Augen, Herz und Kiemen, meist auch die Antennendrüse auf.

1. Unterordn. Thoracostraca, Schalenkrebse. Die Schalenkrebse haben ein stark entwickeltes, schalenartiges Rückenschild, das den Kopf und die meisten Brustringe in sich einschließt, und Stielaugen.

Ueberfam. *Decapoda*. Zehnfüßerkrebse. Das sehr harte Rückenschild umfaßt den Kopf und alle Brustringe; mit drei Paar Kieferfüßen und fünf Paar kräftigen siebengliedrigen Gangbeinen (Fig. 87); sie enden häufig mit einer Schere und tragen an den Basalgliedern die großen kammförmigen Kiemen, die unter den Seiten des Rückenschildes gedeckt liegen (Fig. 82). Sechs Paar Bauchfüße; das letzte ist flossenartig verbreitert (Fig. 87) und bildet mit dem abgeplatteten Telson die Schwanzflosse; die beiden ersten sind beim Männchen zu stielförmigen Begattungsorganen umgebildet, während die fünf ersten dem Weibchen zum Tragen der Eierballen dienen. In der Wand des Kaumagens entstehen vor der Häutung zwei Kalkkonkretionen („Krebssteine"), die dem neu auszuscheidenden Hautpanzer den Mineralstoff liefern. Die große Leber besteht aus zahlreichen Schläuchen. Die sechs vorderen Ganglienpaare sind verschmolzen; die erste Antenne trägt am Grunde ein statisches Organ. Keimdrüsen paarig, aber miteinander verwachsen; Mündung der Samenleiter am Grunde des dritten, der Eileiter am letzten Gangbeinpaare.

Entwicklung nur beim Flußkrebs direkt, sonst mit verschiedenen Larvenformen, unter denen die Z o ë a (Fig. 88) stets wiederkehrt.

Fam. *Paguridae.* Hinterleib weichhäutig, wird zum Schutze in leere Schneckengehäuse verborgen. *Pagurus calidus Risso*, Einsiedlerkrebs.

Fam. *Astacidae.* Große Krebse mit starken Scheren. *Astacus gammarus* L., Hummer, *Potamobius astacus* L. (*Astacus fluviatilis* Rond.) Flußkrebs. Die in

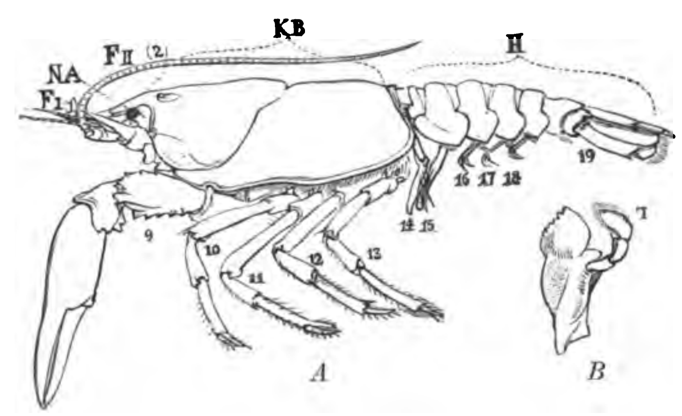



**Fig. 87. A Männlicher Flußkrebs. KB Kopfbruststück, H Hinterleib, NA gestieltes Netzauge, F I mit zwei Geißeln versehener, vorderer Fühler (1. Gliedmaßenpaar), F II eingeißeliger hinterer Fühler (2. Gliedmaßenpaar). Das 3.—8. Gliedmaßenpaar, Kiefer und Kieferfüße darstellend, ist in dieser Ansicht nicht darstellbar. 9—13 die fünf Paar Gangbeine, von denen das erste zu den großen Scheren umgewandelt ist, 14—19 die sechs Paar Gliedmaßen des Hinterleibes, von denen 14 und 15 zu Begattungsorganen und 19 zu Seitenteilen der Schwanzflosse umgebildet sind. — B Der Taster tragende Oberkiefer (3. Gliedmaßenpaar), T Taster. 1/1. (aus Nitsche).**

Deutschland jahrelang dauernde Krebspest ist erloschen, in Skandinavien wütet sie noch. *P. leptodactylus* Eschz. Osteuropa, mit kleinen Scheren, kleinem Schwanz, minderwertig.

Fam. *Brachyuridae.* Krabben. Körper gedrungen, Hinterleib kurz, verkümmert, bauchwärts umgeschlagen. Land- und Meeresbewohner. Cancer pagurus L. Taschenkrebs, Nordsee.

Ueberfam. A r t h r o s t r a c a. Ringelkrebse. Der Cephalothorax ist kopfähnlich von 6—7 gesonderten Brustsegmenten abgesetzt. Die Brustbeine dienen zum Kriechen oder Schwimmen.

Fam. *Isopoda.* Asseln. Breit, von oben nach unten zusammengedrückt. *Asellus aquaticus* L. Wasserassel. *Porcellio scaber* Latr. Kellerassel. *Limnoria terebrans* Leach, Bohrassel im Holz der Hafenbauten.

Fam. *Amphipoda.* Flohkrebse. Körper seitlich zusammengedrückt, Kiemen an den Brustfüßen. *Gamarus pulex* Geer, in Bächen und Gräben. *Chelura terebrans* Phil., lebt wie *Limnoria.*

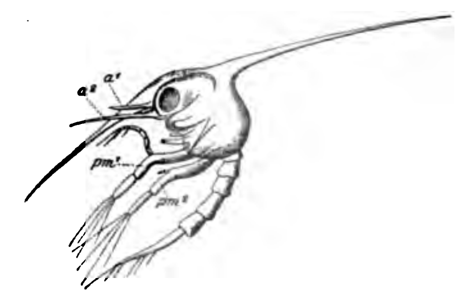



**Fig. 88. Zoëa-Larve einer Krabbe; vergrößert. a¹ erster, a² zweiter Fühler; pm¹ erster, pm² zweiter Kieferfuß (aus Leunis).**

8. Ordn. X i p h o s u r a. Schwertschwänze. Cephalothorax schildförmig, groß, Abdomen gelenkig abgesetzt, mit Schwanzstachel. *Limulus moluccanus* Clus. Molukkenkrebs.

§ 56. **2. Klasse. A r a c h n o i d e a. Spinnentiere.** Durch innere Lufträume atmende Gliederfüßler mit 6 Paar Gliedmaßen am Cephalothorax und gliedmaßen-

losem Hinterleibe. Das Kopfbruststück und der Hinterleib sind bisweilen gegliedert, Antennen fehlen; das erste Gliedmaßenpaar dient als Kieferfühler zum Ergreifen und Töten der Beute, das zweite, am Grunde mit einer Kaulade versehene als Kiefertaster bald als Greif-, bald als Kau-, Tast- oder Gehwerkzeug (Fig. 89, 90); die Kiefertaster enden entweder klauenlos oder als „Klauentaster" mit einer Klaue (Spinnen), als „Scherentaster" (Skorpione) mit einer Schere. Gliedmaßenreste kann auch das Abdomen tragen. Der Darm, aus Schlund, Magendarm mit großem Hepatopankreas und Enddarm bestehend, trägt am Ende des Mitteldarms röhrenförmige, der Exkretion dienende Anhänge, die den Malpighischen Gefäßen der Insekten ähneln, ihnen aber nur analog sind; Reste von echten Nephridien sind als „Koxaldrüsen" in den Brustseiten mit Ausmündung am Hüftgliede des 1. oder 3. Brustfußes zu finden. Atmungsorgane liegen als 1 bis 4 Paar Fächertracheen („Lungen") ventral am Abdomen; sie münden

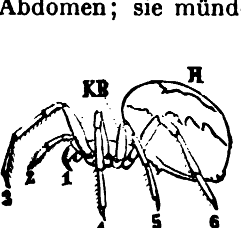



Fig. 89. Kreuzspinne, Epeira diadema L. $^1/_1$. KB Kopfbruststück oder Cephalothorax, H Hinterleib, 1—6 die sechs Gliedmaßen des Cephalothorax, 1 Kieferfühler, 2 Kiefertaster, 3—6 die vier Beinpaare (aus Nitsche).




Fig. 90. Eine Spinne von der Bauchseite. Kf Kieferfühler, Kt Kiefertaster, K Kieferlade, P Lungen, St deren Stigmen, St' hintere Stigmen, die in die Tracheen führen, G Geschlechtsöffnung, Sp Spinnwarzen (nach Cuvier aus Claus-Grobben).

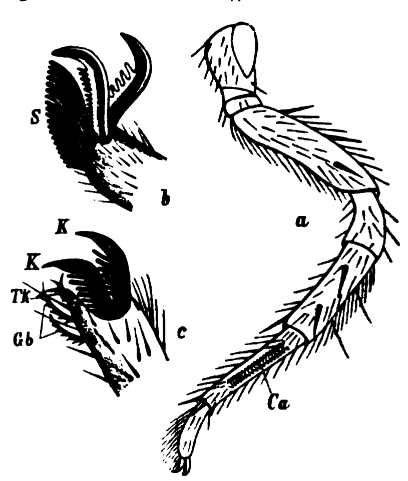



Fig. 91. a Bein einer Spinne mit Calamistrum Ca. b Fußende von Philaeus mit zwei Klauen und aus Spatelhaaren bestehendem Pinsel S, c Fußende der Kreuzspinne, K Webeklauen, Tk Trittklaue, Gb gezahnte Borsten (nach Herman aus Claus-Grobben).

mit Stigmen und sind segmentale Einstülpungen, deren Hohlraum zahlreiche, an der ventralen Wand festgewachsene Blätter ausfüllen, in denen die Blutgefäße verlaufen. Diese Organe sind als umgewandelte Kiemen anzusehen. Als weitere Umbildungen dieser Lungen erscheinen die den Insektentracheen analogen Röhrentracheen (Pseudotracheen), die sich mehr oder weniger tief in den Körper einsenken. Der verschiedenen Ausbreitung der Respiration entspricht auch die Ausdehnung der Blutgefäße: zu vorhandenen Lungen gehört ein reicher verzweigtes, zu Atemröhren ein beschränktes Gefäßsystem. Vom Zentralnervensystem legt sich das 1. Bauchganglienpaar eng an das Hirn an, die übrigen verschmelzen untereinander; zwei größere Mittelaugen und 2—5 Paar Seitenaugen sitzen auf dem Kopfbruststück; sie sind unbeweglich. Die Genitalien der getrenntgeschlechtlichen Spinnentiere münden am Anfange des Hinterleibs; die Entwicklung ist bei einigen Ordnungen direkt, bei anderen eine umständliche Metamorphose.

1. Ordn. Scorpionidea. Skorpione. Spinnentiere mit großem Abdomen, das in ein siebengliedriges breites Praeabdomen und ein sechsgliedriges schmales Postabdomen mit Giftstachel am Hinterende zerfällt. Die Kieferfühler und die bein-

förmigen Kiefertaster tragen Scheren. Das schwanzartige Postabdomen wird über den Rücken nach vorn gekrümmt getragen. Dämmerungstiere warmer Gegenden; sie erfassen ihre Beute mit den Scheren und töten sie durch kräftigen Stich mit dem Stachel, manche sind dem Menschen gefährlich. *Scorpio maurus* L., Nordafrika.

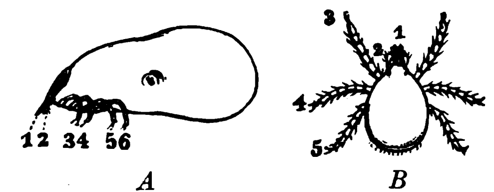



Fig. 92. A erwachsenes und voll Blut gesogenes Exemplar des gemeinen Holzbockes, Ixodes ricinus L., von der Seite gesehen; $^{3}/_{1}$. B Junges Exemplar, dem noch das letzte Beinpaar fehlt, von oben gesehen, nicht vollgesogen; $^{6}/_{1}$. 1—6 die Gliedmaßenpaare (aus Nitsche).

2. Ordn. Araneida. Spinnen Hinterleib (Fig. 89) angeschwollen, ungegliedert, am Grunde stilartig verdünnt. 6—8 Augen auf dem Kopfabschnitte in charakteristischer Stellung in 2 oder 3 Querreihen angeordnet. Am klauenförmig einschlagbaren Endglied der Kieferfühler mündet eine Giftblase; der Kiefertaster ist mehrgliedrig, beinartig (Fig. 90), das Endglied beim Männchen löffelähnlich als Spermatophorenträger gebildet. Die 4 langen Beinpaare enden mit Klauen von mannigfach zierlicher Bildung, die beim Herstellen und Belaufen der Gespinste dienen; eine Borstenreihe am Ende des Beines (Fig. 91) (Calamistrum), hilft beim Anfertigen des Spinnfadens. Entweder treten zwei Paar Fächertracheen auf, oder nur ein Paar und dann außerdem Pseudotracheen. Am Ende des Hinterleibs liegen die Spinnwarzen, der Saft der Spinndrüsen erhärtet zu Fäden und wird zum Bau der Wohn- und Fangnetze und zur Umhüllung der Eier verwandt. Die Spinnen sind echte Landtiere, nur wenige haben sich dem Leben im Süßwasser angepaßt. *Araneus* (*Epeira*) *diatematus* Cl. Kreuzspinne; *Argyroneta aquatica* Cl. Wasserspinne.




Fig. 93. Demodex folliculorum. Kt Kiefertaster (nach Mégnin, aus Claus).

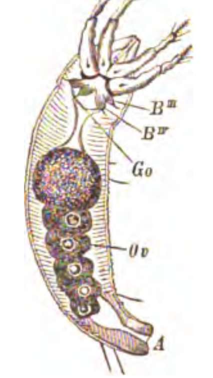



Fig. 94. Weibchen von Phytopturs vitis, vom Blatte des Weinstockes, A After, Ov Ovarium, Go Geschlechtsöffnung (aus Claus).



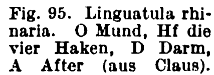



Fig. 95. Linguatula rhinaria. O Mund, Hf die vier Haken, D Darm, A After (aus Claus).

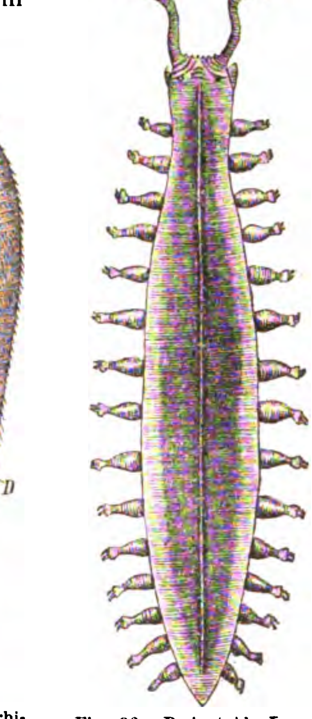


Fig. 96. Peripatoides novae Zealandiae (nach Sedgwick aus Lang).

3. Ordn. Pseudoscorpionidea. Afterskorpione. Spinnentiere von geringer Größe; Kiefertaster scherenförmig. Laufen rasch seitlich und rückwärts. Unter Baumrinde, Moos und Steinen. *Chthonius tetrachelatus* Preyßl. Im Walde.

4. Ordn. Opilionidea. Afterspinnen. Abdomen der Kopfbrust breit ansitzend. Kieferfühler scherenförmig, Maxillarpalpen beinförmig. Vier lange, dünne Beine. *Phalangium opilio*, L. Weberknecht.

5. Ordn. Acarina. Milben. Kopfbruststück (Fig. 92) mit dem kurzen ungegliederten Hinterleibe zu einem einzigen runden oder ovalen, auch langgestreckten Ganzen verschmolzen. Mundbeine, je nachdem sie zum Beißen, Stechen oder Saugen benutzt werden, verschieden gestaltet, demnach die Kieferfühler klauen-, scheren- oder stilettförmig, während die Kiefertaster jene als Saugrüssel umfassen können. Die ebenfalls der Funktion des Laufens, Schwimmens, Anklammerns angepaßten vier Beine endigen meist mit zwei Klauen oder bei Parasiten mit geknöpften Hafthaaren. Darm oft mit blinddarmähnlichen Anhängen und Exkretionsgefäßen. Das selten vorhandene Herz kurz, sackähnlich, zweispaltig. Pseudotracheen von einem Paare Stigmen ausgehend, oft fehlend. Alle Ganglien verschmolzen, Augen in 1 bis 2 Paaren, oder fehlend. Eierlegend oder ovovivipar (Gamasus, Oribata); die Jungen (Fig. 92) haben zunächst nur drei Beinpaare und machen oft eine verwickelte Verwandlung durch. Die Milben sind Land-, oder Wassertiere, auch Meeresbewohner; Lebensweise räuberische und phytophage, doch ist auch Parasitismus häufig; die Ektoparasiten bahnen oft als Ueberträger von Mikroorganismen Infektionskrankheiten den Weg.

Fam. *Ixodidae*, Zecken (Fig. 92). Größere blutsaugende Schmarotzer mit vorstoßbaren gezähnten Kieferfühlern; Kauladen der Kiefertaster zu einem Widerhaken tragenden Rüssel aneinandergelegt. *Ixodes reduvius* (ricinus) L. Holzbock in Wald und Gebüsch, temporärer Ektoparasit an Tier und Mensch. *Argas reflexus* Fabr. Taubenzecke. *Boophilus bovis* Riley überträgt den Erreger der Texasfiebers.

Fam. *Gamasidae*. *Gamasus coleoptratorum* L. Käfermilbe, *Dermanyssus gallinae* Geer, Vogelmilbe, befällt auch den Menschen.

Fam. *Tetranychidae*. Spinnmilben. Kieferfühler stilettartig ausgezogen, Kiefertaster oft mit scherenartigem Endgliede; Augen und Tracheen vorhanden. An Pflanzen saugend. *Tetranychus telarius* L. Spinnmilbe. Von roter Farbe. Im Spätsommer an Linden; saugen an Blättern, überspinnen den Stamm glasartig, wenn sie zu Milliarden zum Winterversteck wandern.

Fam. *Hydrachnidae*. Wassermilben. Kugelig, oft rot von Farbe; manche in der Jugend schmarotzend. *Atax bonzi* Clap.

Fam. *Tyroglyphidae*. Winzige Milben. *Tyroglyphus siro* L. Käsemilbe, *T. farinae* Geer. Mehlmilbe.

Fam. *Sarcoptidae*. Krätzmilben. Mikroskopisch kleine, weichhäutige Milben ohne Augen und Tracheen; Mundteile saugend, Kieferfühler scherenförmig und Kiefertaster kurz. Beine stummelig, oft mit Hafthaaren. Schmarotzen auf oder in der Haut von Wirbeltieren, wodurch sie Krätze und Räude hervorrufen. *Sarcoptes scabiei* L. Krätzmilbe.

Fam. *Demodicidae*. Haarbalgmilben (Fig. 93). Langgestreckt, mit wurmförmig verlängertem, quergeringeltem Hinterleibe und kurzen Beinstummeln; in den Haarbälgen von Menschen und Säugetieren schmarotzend. *Demodex folliculorum* Sim.

Fam. *Eriophyidae* [*Phytoptidae*]. Gallmilben (Fig. 94). Sehr klein, wurmähnlich, mit gestrecktem, quergerieftem Abdomen, hinten und vorn zugespitzt,

Mundteile rüsselähnlich nach unten gerichtet mit nadelartigen Cheliceren; nur zwei vordere Beinpaare ausgebildet, mit einer glatten Kralle und einer gefiederten Borste am letzten Gliede, die beiden hinteren Beinpaare durch Borsten vertreten. An Pflanzen, wo sie Mißbildungen, Haarwucherungen, Faltung, Kräuselung oder Gallen hervorrufen.

3. Ordn. Linguatulida. Zungenwürmer. Im erwachsenen Zustande wurmähnlich, geringelt und fußlos, daher lange für Eingeweidewürmer gehalten; um den Mund zwei Paare beweglicher Haken zum Festhaften; getrenntgeschlechtlich, Männchen auffallend kleiner. *Linguatula rhinaria* Pilger [*Pentastomum taenioides* Rud.] (Fig. 95) in der Nasenhöhle von Caniden, Pferd, Mensch. Die mit 4 bekrallten Stummelfüßen ausgestatteten Larven gelangen ins Innere von Hasen und Kaninchen, wo sie sich in den Eingeweiden einbohren, Mundhaken bekommen und sich verkapseln. Sobald der Wirt von einem Hunde verzehrt wird, dringen sie vom Magen aus in dessen Luftwege und Atemhöhle, wo sie sich anheften und geschlechtsreif werden; die Eier werden mit dem Schleime ausgestoßen.

2. Unterstamm. Tracheata. Tracheenatmer. Durch echte Tracheen atmende Gliederfüßler, stets mit gesondertem Kopfe, ohne Mitteldarmdrüse (Leber).

§ 57. 1. Klasse. Onychophora. Wurmförmige Gliederfüßler (Fig. 96) mit geringeltem Rumpfe, einem Paar Antennen und einem Paar Kiefer. An jedem Segment stummelige, ungegliederte, aber mit einem Klauenpaar versehene Füße. Muskulatur nur an den Kiefern quergestreift. Atmung durch zahlreiche gesonderte Tracheenbüschel; Herz ein gekammertes Rückengefäß; Harnorgane sind segmentale Nephridien. Direkte Entwicklung im Uterus, bisweilen mit Ernährung des Embryos durch eine Plazenta. In wenigen Arten als Landtiere in den Tropen. Für die Stammesgeschichte sind die Onychophoren von großer Bedeutung, sie bilden eine die Anneliden und die Arthropoden verbindende Gruppe. *Peripatoides novae Zealandiae* Hutt.

§ 58. 2. Klasse. Myriopoda. Tausendfüßer. Körper aus zahlreichen gleichmäßig gebildeten Ringeln, die bis auf den letzten Beine tragen; Kopf mit 1 Paar Antennen und 3 Paar Kiefern; ein Paar Malpighische Gefäße am Hinterdarme.

1. Ordn. Chilopoda. Körper abgeplattet; außer drei Kieferpaaren am Kopfe noch das erste Paar Rumpffüße zu Kieferfüßen mit Giftdrüse umgewandelt; nur ein Fußpaar an jedem Ringel; die einfache Genitalöffnung hinten am vorletzten Segmente. Lichtscheue Raubtiere. *Lithobius forficatus* L. Steinkriecher (Fig. 97).

2. Ordn. Diplopoda. Körper walzig; postembryonal nur mit zwei Kieferpaaren; an den mittleren und hinteren Segmenten je zwei Paar Beine; die doppelten Geschlechtsöffnungen münden weit vorn. Pflanzen- und Moderfresser, fähig den Körper einzurollen.

Fam. *Julidae*. Tausendfüßer. *Glomeris marginata* Vill. Schalenassel, kann sich zur Kugel einrollen. *Julus terrestris* L. Tausendfuß. Benagt Wurzeln, Knollen, Saatgut (Eicheln). *Blaniulus guttulatus* Gerv. Frißt an Obst, Erdbeeren, keimenden Samen.

§ 59. **3. Klasse. Insecta (Hexapoda). Kerbtiere, Insekten.** Heteronom segmentierte Gliederfüßler mit gesondertem Kopf-, Brust- und Hinterleibsabschnitt; Kopf mit 1 Paar Antennen und 3 Paar Kiefern, Brust mit 3 Beinpaaren, Hinterleib meist beinlos.

Der Körper des erwachsenen Insekts läßt sich sondern in den Stamm und die Anhänge, bestehend aus Gliedmaßen und Flügeln (Fig. 98, 100). Die aus der Entwicklung nachweisbare ursprüngliche Gliederung des Stammes ergibt 1. ein primäres Kopfstück, das den Mund, 2. ein primäres Analstück, das den After ent-

hält, beide gliedmaßlos, zwischen ihnen die eigentlichen Körpersegmente, die sämtlich Gliedmaßen tragen können. Diese Körpersegmente sind ursprünglich 4 Kopf-, 3 Brust- und 11 echten Hinterleibssegmente, so daß der Insektenleib im ganzen von höchstens 18 echten Segmenten mit Gliedmaßen und 2 unechten, gliedmaßenlosen gebildet wird. Doch ist bei den älteren Insektenordnungen die Zahl der Abdominal-

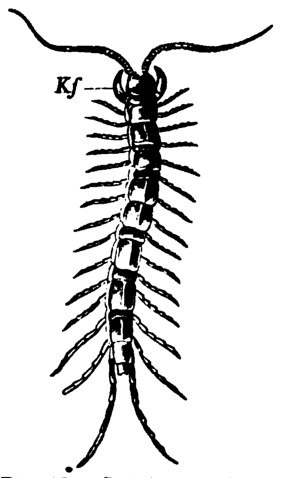



Fig. 97. Lithobius forficatus. Kf Kieferfuß (nach Koch [aus Claus-Grobben).

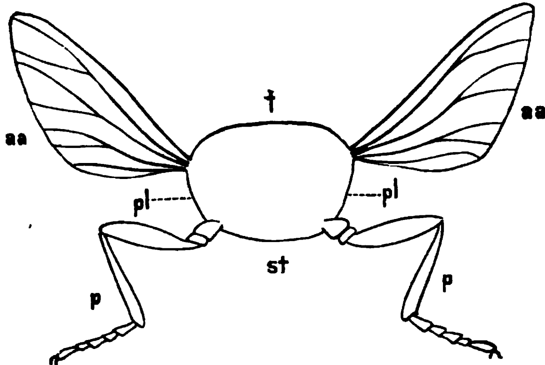



Fig. 98. Schematischer Durchschnitt durch den mittleren Brustring eines Insekts. t Tergit, pl Pleuren, st Sternit, aa Flügel, p Beine (aus Kolbe).

segmente auf höchstens 10, bei den jüngeren (Käfer, Haut- und Zweiflügler u. a.) noch weit mehr verringert.

Der Kopf ist eine kugelige Kapsel, vorn von der Mundöffnung hinten vom Hinterhauptsloche durchbrochen, welch letzteres dem Schlundrohr und dem

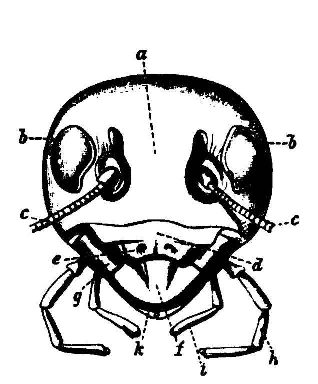



Fig. 99. Vorderansicht des Kopfes einer Feldgrille (Gryllus). a Stirn, b Netzauge, c Fühler, d Hinter-, e Vorderclipeus, f Oberlippe, g Basis der Vorderkiefer, h Taster der Mittel-, i Taster der Hinterkiefer, k Spitze der Vorderkiefer (aus Sharp).

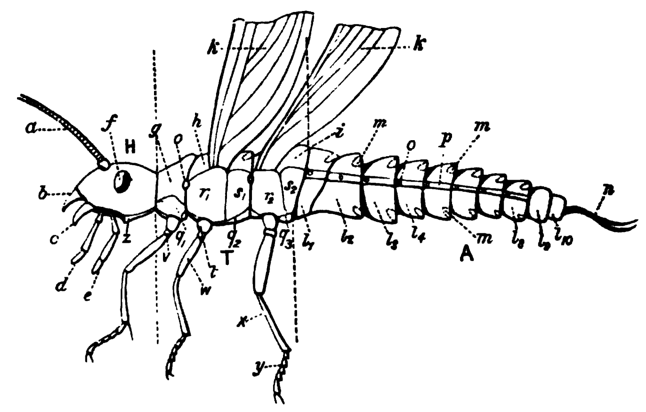



Fig. 100. Hautskelett eines Insekts, schematisch; die beiden senkrechten punktierten Linien trennen Kopf, Brust, und Hinterleib. a Fühler, b Oberlippe, c Vorderkiefer, d Taster der Mittel-, e Taster der Hinterkiefer, f Netzauge, g Pronotum, h Mesonotum' i Metanotum, k Flügel' $l_1$—$l_{10}$ Hinterleibssegmente, m deren Verbindungshäute, n Raife, o Stigma, p Pleurite des Hinterleibs, $q_1$, $q_2$, $q_3$ Sternit der Vorder-, Mittel-, Hinterbrust, $r_1$ Episternum der Mittelbrust, $s_1$ deren Epimeron, beide zusammen das Mesopleurit bildend, $r_2$, $s_2$ Episternum und Epimeron der Hinterbrust, t Hüfte, v Schenkelring, w Schenkel, x Schiene, y Fuß, z Kehle (aus Sharp).

Bauchmark Durchtritt gewährt. Jedes Brust- und Hinterleibssegment (Fig. 100) besteht ursprünglich aus einer Rückenschiene (Tergit), einer Bauchschiene (Sternit) und den beiden, Rücken- und Bauchschiene verbindenden Weichen (Pleurite), auf denen sich je ein Stigmenpaar befindet. Während die embryonal angelegte

Segmentierung des Kopfes dem erwachsenen Insekt verloren gegangen ist, auch die Grenzen zwischen den eben erwähnten Bestandteilen oftmals undeutlich werden, ist andrerseits eine nachträgliche Gliederung sowohl des Kopfes wie der übrigen Segmente in Regionen und Teilstücke (Sklerite) eingetreten, deren Form-

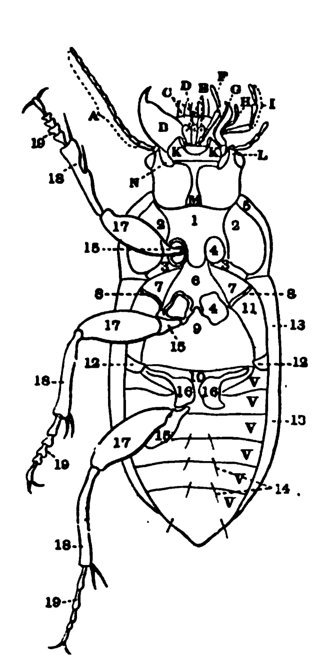


Fig. 101. Ein Laufkäfer (Harpalus caliginosus) von der Unterseite. A Fühler, B Vorderkiefer, C Oberlippe, D Zunge, E Nebenzunge, F Lippentaster, G Innenlade, H Außenlade der Mittelkiefer, J deren Taster, K Kinn, L Wange, M Kehle, N Seitenrand der Mundöffnung, V Bauchschienen des Hinterleibs. 1 Prosternit, 2 Episternum, 3 Epimeron der Vorderbrust, 4 vordere und mittlere Hüftpfanne, 5 nach unten gebogener Teil des Pronotums, 6 Mesosternit, 7 Episternum, 8 Epimeron der Mittelbrust, 9 Metasternit, 10 dessen hinterer Abschnitt, 11 Episternum, 12 Epimeron der Hinterbrust, 13 nach unten gebogener Rand der Flügeldecken, 14 bauchständige Borsten, 15 Schenkelring, 16 Hinterhüfte, 17 Schenkel, 18 Schiene, 19 Fuß (aus Sharp).

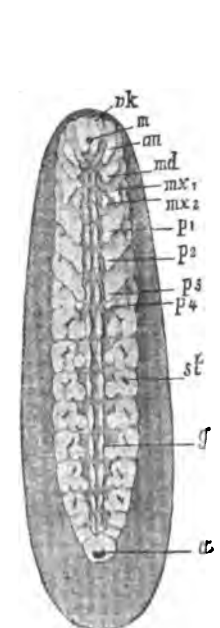



Fig. 102. Embryo von Hydrophylus mit den Extremitätenanlagen. a Afteröffnung, an Antenne, g Anlage des Bauchmarks, m Mundöffnung, md Vorder-, $mx_1$ Mittel-, $mx_2$ Hinterkiefer, $p_1$, $p_2$, $p_3$ Brustbeine, $p_4$ Rudiment des 1. Abdominalbeines, st Stigmen, vk Vorderkopf (nach Heider aus Lang).

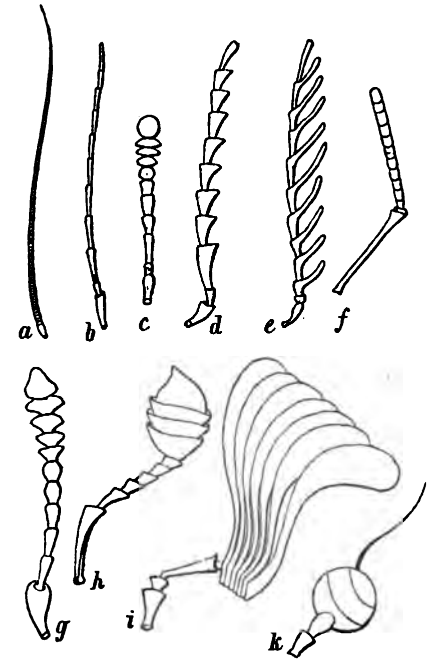



Fig. 103. Fühlerformen. a borstenförmig von Locusta, b fadenförmig von Carabus, c schnurförmig von Tenebrio, d gesägt von Elater, e gekämmt von Ctenicera, f gebrochen von Apis, g keulenförmig von Silpha, h knopfförmig von Necrophorus, i durchblättert von Melolontha, k Fühler mit Borste von Sargus (nach Burmeister aus Claus-Grobben).

und Lageverhältnisse wichtige systematische Merkmale abgeben; die Grenzen zwischen den Skleriten heißen Nähte (Suturen). In dieser Art werden am Kopfe (Fig. 99) Scheitel, Gesicht, Stirn, Kopfschild (Clipeus, Epistom), Wangen, Kehle, Hals usw. in Anlehnung an die Verhältnisse beim Wirbeltier unterschieden. An den Brustringen pflegt der Zerfall in einzelne Chitinstücke noch weiter zu gehen (Fig. 100, 101), namentlich teilen sich die Pleurite oft in ein vorderes Stück (Episternum) und ein hinteres (Epimeron), doch kann das letztere auch dorsal über das Episternum rücken. Sehr häufig gliedert sich vom Tergit der Mittelbrust (s. u.) hinten ein dreieckiges Stück als Schildchen (Scutellum) ab, von dem sich bei den Hautflüglern noch ein entsprechender Teil der Hinterbrust als Postscutellum sondert. In jedem Sternit der drei Brustringe nimmt ein Paar runder Ausschnitte als Hüftpfannen (Acetabula) die Hüften der Beine auf.

Die Gliedmaßen werden in der Embryonalentwicklung noch an allen echten Segmenten gleichmäßig angelegt (Fig. 102). Sie erscheinen beim ausgebildeten Tier

am Kopfe als 1 Antennenpaar und 3 Paar Mundgliedmaßen, an der Brust als 3 Paar Beine, am Hinterleib sind sie nur bei den *Apterygogenea* als Beinreste vorhanden, sonst höchstens am letzten Körpersegmente zu Hilfsorganen der Begattung umgewandelt. Die Antennen (Fühler) stehen meist auf der Stirnfläche (Fig. 99) des Kopfes, sind gegliederte Fäden von verschiedener Länge und verschiedenartiger Bildung der Glieder, so daß gleichartige (borsten- und fadenförmige, gesägte, gekämmte) und ungleichartige Fühler auftreten (Fig. 103); letztere als geknöpfte oder gebrochene (mit Schaft und Geißel).

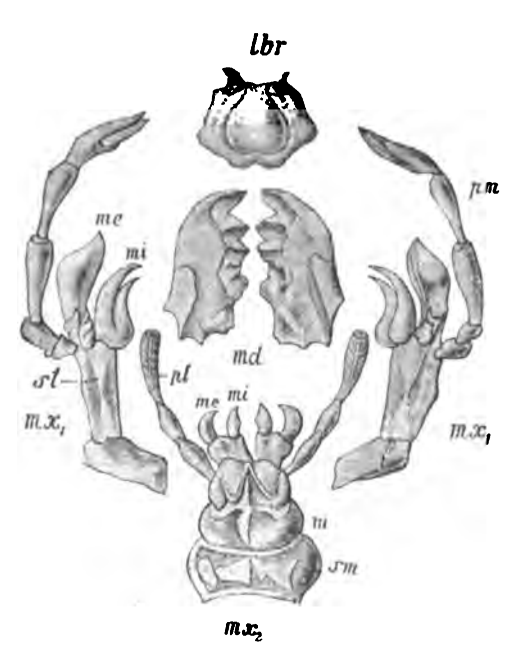



**Fig. 104.** Mundteile der Orthoptera (Blatta); lbr Oberlippe, md Vorder-, $mx_1$ Mittel-, $mx_2$ Hinterkiefer, st Stamm, m Kinn, sm Unterkinn, mi innere, me äußere Kaulade, pm Taster der Mittel-, pe Taster der Hinterkiefer (nach Savigny und Lang).

Die 3 Paar Mundgliedmaßen oder Mundteile (Fig. 104) sind: Vorderkiefer (Mandibeln), Mittelkiefer (1. Maxillen) und Hinterkiefer (2. Maxillen); ursprünglich als Kauwerkzeuge gestaltet, gehen sie bei den verschiedenen Ordnungen eingreifende Umbildungen als saugende, stechende, leckende Organe ein. Während die Vorderkiefer einheitliche ungegliederte Stücke sind, zeigen die beiden anderen Kiefernpaare den ursprünglichen Bau von Beinen. Sie bestehen aus einem Basalstück, der Angel, einer Hüfte, hier Stamm genannt, und dem viergliedrigen Bein; letzteres ist

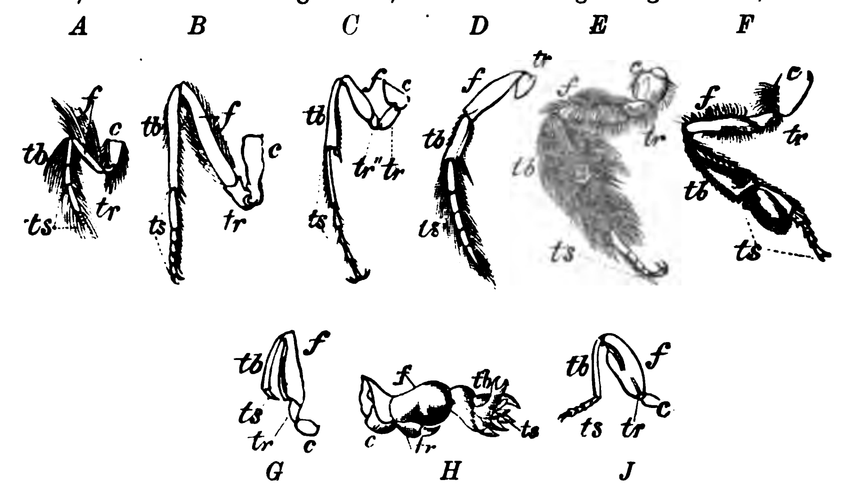



**Fig. 105.** A verkümmertes Putzbein und B gut entwickeltes Schreitbein eines Tagfalters, Vanessa. C Bein mit doppeltem Schenkelring und langer Ferse von einer Holzwespe, Sirex; D Schwimmbein eines Schwimmkäfers, Dytiscus; E behaartes Sammelbein einer Hosenbiene, Dasypoda; F Sammelbein mit „Körbchen" an der Schiene und stark entwickelter Ferse von der Honigbiene; G Raubbein des Wasserskorpions, Nepa cinerea; H Rechtes Grabbein der Maulwurfsgrille; J Springbein eines Erdflohkäfers, Haltica. c Hüfte, tr Schenkelring, f Schenkel, tb Schiene, ts Fuß (aus Nitsche).

als Taster (Palpus) in den Dienst von Sinneswahrnehmungen getreten; zwei plattenähnliche Anhänge der Hüfte wirken als innere und äußere Kau-

lade beim Nahrungserwerbe. Die häufig verschmolzenen Hinterkiefer werden als Unterlippe (Labium) bezeichnet; ihre verschmolzenen Stammteile heißen Kinn (Mentum), die verschmolzenen Angeln Unterkinn (Submentum, Fig. 104). Eine mittlere unpaare Chitinleiste des Kopfes, Oberlippe (Labrum) genannt, bedeckt von oben her die Kiefer.

Bei einigen Insektenordnungen kommt zu den drei Kieferpaaren noch ein unpaarer Mundteil, der Hypopharynx (Innenlippe, Endolabium), hinzu; er gliedert sich von dem Boden der Mundhöhle ab, liegt also über den Hinterkiefern.

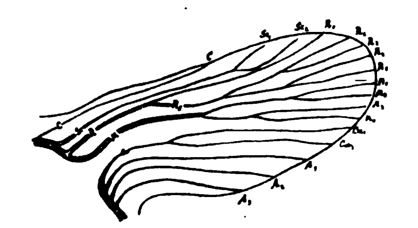


Fig. 106. Schema des Flügelgeäders. C Costa, Sc Subcosta, R Radius, M Media, Cu Cubitus, $A_1$—$A_3$ Analadern; die bezifferten Buchstaben am Rande bedeuten die Verzweigungen der betreffenden Adern (nach Comstock u. Needham).

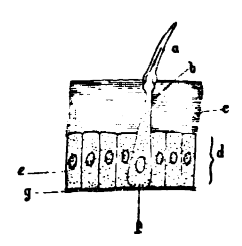



Fig. 107. Querschnitt durch die Haut und ein ihr aufsitzendes Haar eines Insekts, schematisch. a ein Haar, b Porenkanal, c Chitinschicht, Kutikula, d Hypodermis, e Epithelzelle der Hypodermis, f haarbildende Hypodermiszelle, g bindegewebige Membran (aus Kolbe).

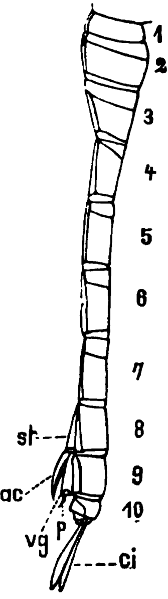



Fig. 108. Hinterleib einer weiblichen Wasserjungfer (Aeschna mixta), von der Seite. 1—10 die 10 Hinterleibssegmente, ci Raife, ac Legescheide, vg klappenartiger Teil des 9. Segments, p eingliedriger Griffel (Stylus), st. 8. Sternit (aus Kolbe).

Die drei Brustringe werden als Vorder-, Mittel-, Hinterbrust (Pro-, Meso-, Metathorax) unterschieden; jeder führt am Bauche ein Beinpaar; Mittel- und Hinterbrust können je ein Paar Flügel tragen. Jedes am Thorax eingelenkte Bein zerfällt in Hüfte (Coxa), Schenkelring (Trochanter), Oberschenkel (Femur), Unterschenkel oder Schiene (Tibia) und den mehrgliedrigen Fuß (Tarsus), welch letzterer meist zwei Klauen, dazwischen wohl noch Haftlappen, auch Neben- oder Afterklauen, trägt. Aus der gewöhnlichen Form der Laufbeine schafft besondere Lebensweise Abwandlungen, wie Schwimm-, Grab-, Raubfüße usw. (Fig. 105).

Die Flügel sind flächenhaft ausgebreitete Hautausstülpungen, daher aus zwei aufeinander liegenden Blättern bestehend, zwischen denen sich Tracheen erstrecken. Ihr Verlauf ist durch Chitin-Verdickungen (Adern oder Nerven) bezeichnet, die sich oftmals gabeln, ineinander einmünden und durch Querverbindungen Zellen umgrenzen. Obwohl die Aderung bis zu den einzelnen Arten hinab äußerst mannigfaltig und deshalb von systematischer Bedeutung ist, läßt sie sich doch für beide Flügelpaare auf eine Grundform (Fig. 106) zurückführen, die 8 Hauptstämme von Längsadern aufweist. Die zunächst dem Vorderrande des Flügels entspringende und verlaufende Ader heißt Costa; ihr Ende am Flügelrande ist oft verdickt (Flügelmal, Stigma). Dann folgen die Subcosta und die kräftigste, am reichsten verzweigte Ader, der Radius, weiterhin die Media und der Cubitus und endlich neben und in dem sog. Anallappen des Flügels 1—3 Analadern. Im ein-

fachsten Falle sind beide Flügelpaare gleichgebildet, sonst nach Form und Beschaffenheit sehr wandlungsfähig, auch kann ein Paar, gewöhnlich das hintere, kleiner werden und selbst fast spurlos verschwinden (Zweiflügler); manche Insekten sind überhaupt flügellos.

Am Hinterleibe sind nur bei den niedersten Insekten mehrere Gliedmaßenpaare erhalten, sonst allenfalls am letzten Körpersegment ein Paar, die aber stark verändert als gegliederte Raife (Cerci) öfters bei der Begattung Gebrauch finden (Aeschna). Sonstige ebendaselbst paarweise vorkommende Genitalanhänge (Gonapophysen), wie Klappen, Legebohrer usw., sind nur Hautwucherungen (Fig. 108). Am letzten Körpersegment (♂) oder am vorletzten (♀) sitzt die Geschlechtsöffnung am Telson der After. Durch die weichen Gelenkhäute zwischen den Abdominalsegmenten sind diese verschiebbar, was bei der Atmung, Erweiterung durch reifende Eier, Eiablage und bei den Larven für die Bewegung in Betracht kommt.

Die Cuticula ist vielfach von Poren durchsetzt, zeigt mannigfaltige Oberflächenbildungen und trägt ganz oder stellenweise Haare, die aus Hypodermiszellen hervorgehen (Fig. 107) und oft durch Gelenke beweglich sind. Die mannigfaltigen Bildungen wie Borsten, Stacheln, Schuppen der Schmetterlinge sind umgewandelte Haare. Ferner sind ein- oder mehrzellige Hautdrüsen nicht selten, wie Stinkdrüsen, Wachs- und Giftdrüsen.

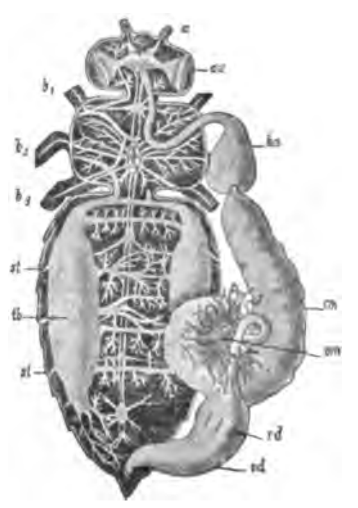


Fig. 109. Nerven-, Tracheen- und Verdauungssystem der Honigbiene, halbschematisch. au Netzauge, a Antenne, $b_1$—$b_3$ die drei Beinpaare, tb der zu einer Blase angeschwollene Tracheenlängsstamm, st Stigmen, hm Honigmagen, cm Chylusmagen, vm Malpighische Gefäße, rd Rektaldrüsen, ed Enddarm (nach Looss aus Rosenthal).

Der Hautmuskelschlauch ist nur

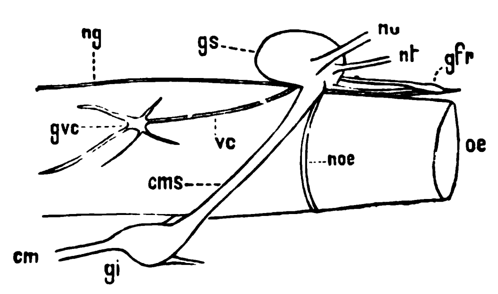



Fig. 110. Zentrales und sympatiches Nervensystem einer Raupe, schematisch. gs oberes Schlundganglion (Gehirn), gi unteres Schlundganglion, cms Längskommissur, noe Querkommissur, no Sehnerv, nt Fühlernerv, ng Stamm des unpaaren sympathischen Nervensystem, gfr Stirngangliom, vc der rechtsseitige Strang des paarigen Sympathicus, gvc ein Ganglion desselben, cm Verbindungsstrang zwischen dem unteren Schlundganglion und dem ersten Brustganglion, oe Speiseröhre (nach Lienard aus Kolbe).

im Hinterleibe in gleichmäßige segmentale Stränge zerlegt, während im Brustabschnitte große motorische Muskelmassen für Beine und Flügel angehäuft sind; die Kopfkapsel enthält starke Kaumuskeln.

Der Darmkanal (Fig. 109) ist in Abhängigkeit von der Ernährungsweise bald kürzer und verläuft fast grade zwischen Mund und After, bald länger als die Körperachse und aufgewunden, im ersteren Falle (Fleischfresser) in deutliche Abschnitte gesondert, im letzteren (Pflanzenfresser) einfacher. Stets ist ein ektodermaler, mit feiner Chitinkutikula ausgekleideter Vorderarm, ein meist entodermaler Mittel- und ein ektodermaler Enddarm vorhanden (Fig. 20, 137). In den Anfangsteil des Vorderdarmes, die Mundhöhle, münden die paarigen Speicheldrüsen; darauf schließt sich die Speiseröhre an, die sich entweder allseitig oder unsymmetrisch in einen Kropf erweitern kann, auf den wohl noch ein als Kaumagen

(Proventriculus) bezeichneter Abschnitt folgt; dieser ist im Innern mit Chitinzähnen, -bürsten usw. ausgestattet, dient aber nicht zum Kauen, sondern zum Weiterbefördern der Speiseballen. Der als eigentlich verdauender Abschnitt auch Chylusdarm genannte Mitteldarm ist durch wechselnde Weite, blindsackartige Erweiterungen und Drüsenbesatz in seinem Verlaufe oft ausgezeichnet. Die Blindsäcke des Mitteldarmes sitzen bei Fleischfressern und saugenden Insekten im vorderen, bei Pflanzenfressern im hinteren Abschnitt desselben. Den Anfang des ebenfalls mit Chitin ausgekleideten Enddarmes bezeichnen die Malpighischen Gefäße, deren Zahl vier, sechs und mehr betragen kann, während die vor dem After liegende Strecke des Darmes ebenfalls Anhangsgebilde wie Anal- und Rektaldrüsen zu tragen pflegt (Fig. 20).

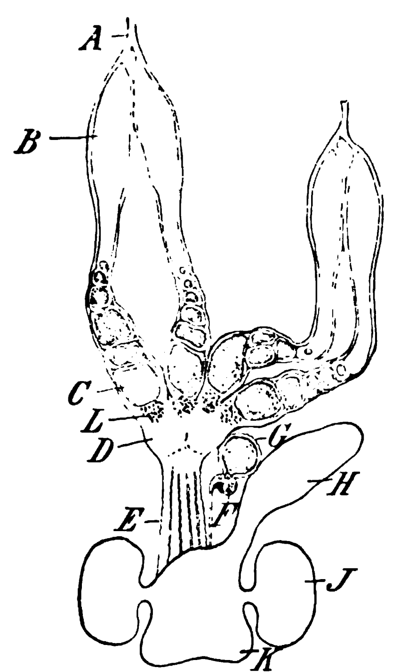
Im allgemeinen hat jedes Segment jederseits ein Stigma. Das erste Thoraxsegment der Imagines meist ohne (Ausnahme: Flöhe), das der Larven mit einem Paar derselben. Doch sind nicht in allen Fällen alle 10 Stigmen (2 Thorax-, 8 Abdominalstigmen) in Funktion, vielmehr fehlt häufig ein Teil derselben. Oestridenlarven haben z. B. ein Stigmenpaar nur am letzten Abdominalsegment, ebenso die Eristalislarven (Fig. 159) und einige Wasserwanzen, bei welchen sie sich in lange Atemröhren verlängern, durch die das Tier, ohne an die Oberfläche des Wassers zu kommen, Luft schöpfen kann. Die sich den Stigmen segmental anschließenden Tracheen vereinigen sich fast immer zu zwei Längsstämmen, von denen wieder Querbrücken und feinere, büschelartige Zweige zu den Organen ausstrahlen. Bei guten Fliegern sind einzelne Tracheen oder die Längsstämme (Fig. 109) zu geräumigen Luftblasen ohne Spiralfaden erweitert, die vor dem Fliegen aufgepumpt werden (Maikäfer). Tracheenkiemen treten als Anhänge des Hinterleibes bei Larven von Dipteren, Agrion, Phryganiden, Ephemeriden auf, sie liegen im Enddarm bei Aeschna- und Libellulalarven. Im Bindegewebe der Insekten bilden die von zahlreichen Tracheenenden durchwucherten Massen fettreicher Zellen den Fettkörper, der zur Keimerzeugung, bei Larven zu Neubildungen während der Verwandlung verbraucht wird.

Im Hinterleibe liegt das gestreckte, gekammerte Herz, auf dessen kurze vordere Aorta sich das ganze Gefäßsystem beschränkt (Fig. 27).

Das Nervensystem weist alle Uebergänge von dem segmental gegliederten Bauchmarke bis zur Vereinigung aller Ganglienknoten in der Brust auf (Fig. 32). Stets ist das Gehirn durch Anlagerung von Ganglien der zahlreichen Kopfsinnesorgane hoch ausgebildet; auch ein sympathisches, unpaares Nervengeflecht, ist wohlentwickelt (Fig 110). Die Augen sind als 2—3 Ocellen und 1 Paar große, oft beinahe kugelige und selbst verdoppelte Netzaugen ausgebildet; den Tastsinn vertreten haarförmige Sinneszellen, oft über die ganze Körperoberfläche verstreut oder an Tastern und Fußgliedern dichter gelagert; Geruch- und Geschmacksempfindung haben ähnliche Organe als Träger; jene sind an den Tastern und Fühlern als Sinneskegel oft zahlreich in besonderen Gruben vereinigt, diese liegen an den Hinterkiefern und in der Mundhöhle; über die Gehörorgane vgl. S. 618.

Die Insekten sind getrennten Geschlechts, Zwitter kommen nur als pathologische Erscheinungen vor. Die Geschlechtsorgane sind paarig. Von dem Hoden und Eierstock jeder Seite führt ein Ausführungsgang zum unpaaren gemeinschaftlichen Endabschnitt, welcher mit den Begattungsorganen endigt. Die Hoden bestehen aus dicht zusammengedrängten Blindschläuchen (Samenröhren, Follikeln); jeder entsendet ein Samenröhrchen, die sich zu einem Samenleiter (Vas deferens) vereinen; dieser ist am unteren Ende oft zu einer Samenblase aufgetrieben und mit Drüsen versehen,

deren schleimiges Sekret, das Sperma, in Spermatophoren vereinigt. Die paarigen Samenleiter vereinigen sich zu einem gemeinsamen unpaaren muskulösen Ductus ejaculatorius, an welchen sich ein chitinöses Begattungsorgan (Penis) anschließt. Die Geschlechtsreife des Männchens erkennt man daran, daß Sperma in Samenleiter und Samenblase eingetreten, die Schleimdrüsen prall gefüllt, die Samenblasen erweitert sind. (Fig. 112). Die Eierstöcke (Fig. 111) bestehen aus mehreren nach Zahl und Anordnung verschiedenen Eiröhren, welche an ihrem freien Ende durch „Endfäden" an der Leibeshöhlenwand befestigt sind, während das untere Ende in den kelchartig erweiterten oberen Abschnitt des unpaaren Eileiters mündet. Jede Eiröhre (Fig. 113) gliedert sich in das proximale Keimfach (Endkammer) und die daraus hervorgehenden Eifächer oder Eikammern, die bei Reifung der darin ruhenden Eier perlschnurartig gereiht sind. In jedem Keimfach (Follikel) lassen sich der Eikeim, das ihn umgebende, eine Eihaut (Chorion) ausscheidende Follikelepithel und manchmal eine Anzahl von Nährzellen unterscheiden; letztere können auch in einer besonderen Nährkammer über jeder Eikammer oder beide zusammen in dem zur Nährkammer umgewandelten Keimfache untergebracht sein (Fig. 113). Danach unterscheidet man Eiröhren ohne Nährzellen als panoistische, solche mit Nährzellen als meroistische und die letzteren mit mehreren Nährkammern als polytrophe, jene mit einer proximalen Nährkammer als telotrophe — Unterschiede, die sich in der Verwandtschaft und natürlichen Einteilung der Kerbtiere gesetzmäßig geltend machen. Der unpaare Eileiter endigt oft in eine Begattungstasche (Bursa copulatrix) und trägt vor der Mündung eine meist unpaare Samentasche (Receptaculum seminis), die bei der Paarung mit Sperma gefüllt wird. Dazu kommen als Kitt- und Schmierdrüsen bezeichnete Anhangsgebilde. Die einzelnen Teile der weiblichen Organe erfahren mit zunehmender Geschlechtsreife Umbildungen. Die Eiröhren verlängern sich, die Eikammern sind voneinander abgeschnürt und nehmen nach unten an Größe zu, Ei-, Epithel- und Nährzellen sind deutlich zu unterscheiden. Im Eileiter werden die Eier befruchtet. Wenn ein reifes Ei aus der Eiröhre in den Eikelch übergetreten ist, lassen sich die Reste der zerfallenen Nährzellen als Corpora lutea (Fig. 111) am Ende der ersteren wahrnehmen. Oft mündet der Eileiter in eine Legeröhre (Legestachel, Legebohrer). Aus letzterem entwickelt sich bei Weibchen und Arbeitern der Stechimmen, ein zurückziehbarer Wehrstachel, der mit einer Giftdrüse in Verbindung steht.




Fg. 111. Geschlechtsapparat eines Weibchens von Myelophilus piniperda nach der Eiablage. A Endfaden, B Keimfach, C Ei in Eiröhre, D Eikelch, E Eileiter, F Samentasche, G Anhangdrüse, H Begattungstasche, J Kittdrüsen, K Scheide, L corpora lutea (aus Knoche).

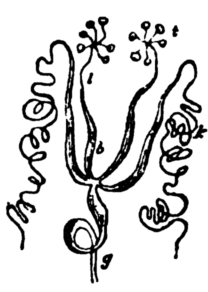



Fig. 112. Männliche Geschlechtsorgane eines Käfers. t die aus sechs Teilen bestehenden Hoden, l Samenleiter, b Samenblasen, k Anhangsdrüsen. 6 Ductus ejaculatorius (nach Stein aus Gegenbaur.

Wie das zur Fortpflanzung in Beziehung stehende Hinterleibsende vielfach das Geschlecht bezeichnet, so geschieht dies oft noch augenfälliger durch Merkmale des Geschlechtsdimorphismus wie verschiedene Größe, Färbung, Fühler- und Beinform, Flügelmangel beim Weibchen usw. (Fig. 145).

Die Fortpflanzung ist meistens gamogenetisch; agame Zeugung kann neben der ersteren bei Schmetterlingen (*Psyche*) und Hautflüglern (Bienen) oder in Abwechslung mit ihr als Heterogonie stattfinden (Gallwespen, Blattläuse). Arrenotokie herrscht bei den in Staaten lebenden Bienen, d. h. unbefruchtete Eier liefern Männchen. Paedogenesis findet sich bei manchen Dipterenlarven (Heteropeza, Chironomus). Die von der harten chitinigen Schale umhüllten Eier haben Farbe (weiß, grün, rot, gelb, braun), eine sehr wechselnde Gestalt (Fig. 115) und eine mannigfache Schalenstruktur, viele sind mit winzigen Härchen bedeckt (Nonne); ihre Befruchtung

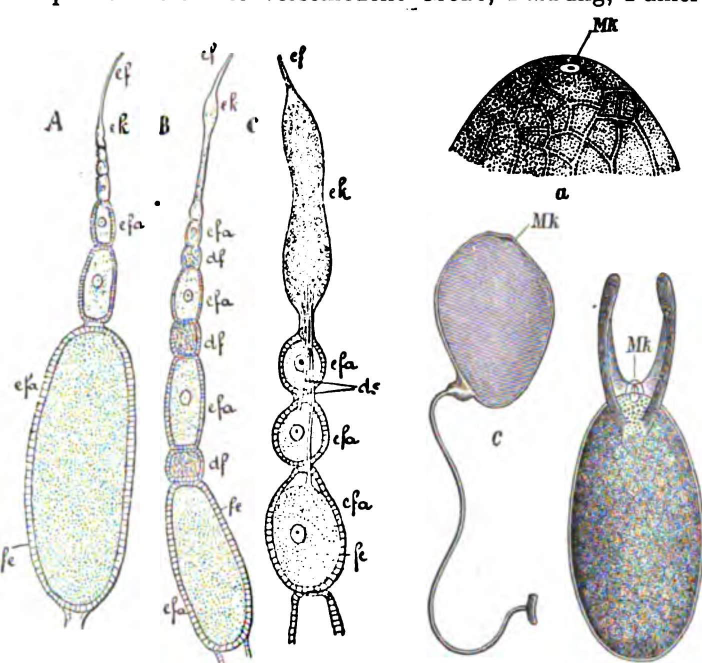



Fig. 113. Verschiedene Typen von Eiröhren, schematisch. A panoistisch, B meroistisch-polytroph, C meroistisch-telotroph. ef Endfaden, ek Endkammer, efa Eifächer, fe Follikelepithel, df Nährkammern, ds Verbindungsstränge zwischen Endkammer und Eifächern (aus Lang).

Fig. 114. Mikropylen (Mk) von Insekteneiern. a Oberes Stück der Eischale von Anthomyia. b Ei von Drosophila cellaris. — c Gestieltes Ei von Paniscus testaceus (nach Leuckart aus Claus).

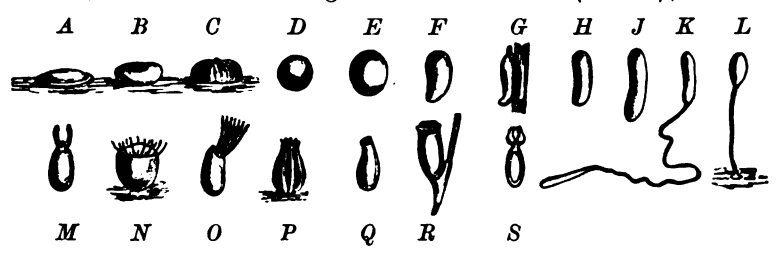



Fig. 115. Verschiedene Formen von Insekteneiern. A Tortrix murinana Hb. B Nonne. C Kieferneule. D Rundliche indifferente Eiform vieler Insekten, z. B. der Borkenkäfer. E Maikäfer, F Mücke, Chironomus. G Lyda stellata Chr., Ei an einer Kiefernnadel befestigt. H Stubenfliege. J Honigbiene. K Gallwespe, Rhodites rosae (L.). L Florfliege (Chrysopa). M Essigfliege (Drosophila). N Schildwanze (Pentatoma), O Wasserskorpion (Nepa cinerea L.). P Baumweißling (Pieris crataegi L.). Q Bettwanze. R Kopflaus, Ei an einem Haar befestigt. S Hypoderma actaeon Br. (aus Nitsche).

findet stets in den Eileitern durch eine Mikropyle (Fig. 114) statt, oft lange Zeit nach der Copula, da das Sperma im Receptaculum langlebig ist. Die Copula dauert sehr kurz (*Microgaster*) oder lange; die copulierten Paare sitzen ruhig (Kiefernspinner, Maikäfer) oder sind in Bewegung (Blattkäfer, Libellen). Die Stellung während der Copula ist verschieden (Maikäfer, Rüsselkäfer, Kiefernspinner, Schwammspinner). Die

Insekten sind meist ovipar; lebendig gebärend sind manche Dipteren; Blattläuse sind in derselben Spezies, aber in verschiedenen Generationen ovipar und vivipar. Die Zahl der von jedem Weibchen erzeugten Eier schwankt zwischen einem Dutzend (Floh) und 50000 Stück (Bienenkönigin); sie werden meist kurz nach der Befruchtung einzeln, in regellosen oder eigentümlich angeordneten Haufen abgelegt, öfters mit einer Kittmasse vereinigt oder von abgelösten Haaren des Hinterleibs (Schwammspinner, Goldafter) bedeckt; schon bei der Eiablage betätigt sich häufig eine ausgesprochene Brutpflege vor allem dadurch, daß diese Ablage stets da erfolgt, wo die spätere Larve Nahrung findet; am weitgehendsten ist sie bei staatenbildenden Bienen und Ameisen. Die Entwicklung des jungen Tieres nach dem Verlassen des Eies ist mit Ausnahme der Mallophagen und Pediculiden mit einer Metamorphose verbunden. Die Jugendform (Larve) unterscheidet sich von dem erwachsenen Insekt stets dadurch, daß sie noch nicht die Geschlechtsreife erlangt hat. Diese tritt bei den Insekten ohne Verwandlung (Ametabola), ohne Aenderung der äußeren Körpergestalt nach einer Reihe von Häutungen ein; alle anderen metabolen Insekten bestehen eine Verwandlung.

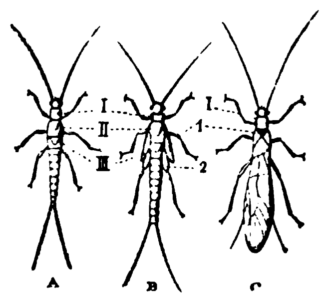


Fig. 116. Unvollkommene Verwandlung von Perla nigra. A Flügellose Larve, B Larve mit Flügelscheiden (1, 2), C Imago. I—III Brustringe (aus Huxley).

Die Rhynchoten, Orthopteren u. a. unterscheiden sich als Larve von der Imago durch kleine Abweichungen in der Ausbildung einzelner Körperteile (Fühler) und durch ihre Flügellosigkeit, sie stimmen mit der Imago in der Lebensweise überein und erreichen den Imagostand durch allmähliche Um- und Ausbildung der noch unentwickelten Organe (Flügel, Genitalien) bei mehrfachen Häutungen; andere wechseln wie Cicaden, Ephemeriden, gleichzeitig ihren Aufenthaltsort, ihre Lebensweise, sogar die Atmungsorgane. Ihre Entwicklungsstufe (Stand) vor der letzten Häutung wird als Nymphe, jene der Ephemeriden als Subimago bezeichnet. Diese Form der Verwandlung ist die halb- oder unvollkommene.

Sie steht im Gegensatz zur vollkommenen derjenigen (holometabolen) Insekten, zwischen deren Larven- und Imagostadium sich ein der Nahrungsaufnahme entbehrendes, sehr häufig nicht lokomotionsfähiges Puppenstadium einschiebt.

Hypermetamorphose ist jene Form der Verwandlung, bei welcher sich im Verlauf des Larvenlebens ein puppenartiges Stadium einschiebt, aus dem das Insekt wieder in das eigentliche Larvenstadium zurücktritt.

Der Bau der Larven (Fliegen und Bienen) ist ein einfacher, wenn sie unter vorteilhaften Bedingungen existieren; unter erschwerten Lebensbedingungen hingegen treten besondere Larvenorgane auf. Als solche sind die Stummelbeine des Abdomens von biologischer und systematischer Bedeutung: Man unterscheidet: Maden ohne äußerlich abgesetzten Kopf, ohne Beine (Fliegen), madenartige Larven mit Kopf, ohne Beine (Rüsselkäfer), Larven mit Kopf und 3 gegliederten Thoraxbeinen (alle Insekten mit unvollkommener Verwandlung), Raupen mit Kopf, gegliederten Thoraxbeinen und 5 Paar ungegliederten Abdominalfüßen, Afterraupen mit Kopf, Thoraxbeinen und mehr wie 5 Paar Abdominalfüßen. Besonders gestaltete Larven besitzen viele parasitischen Hymenopteren (Ichneumonen). Manche Larven sind den Urinsekten (*Apterygogenea*), insbesondere der Gattung *Campodea* (Fig. 119), durch ihre einfache Körpergliederung, Besitz von 3 Paar Brustfüßen, Mangel der Netzaugen ähnlich, campodeaähnliche Larven-

form von *Staphylinen*, *Forficula*, *Perla* (Fig. 171). Der Darmkanal einer Larve ist meist kürzer und weiter als der des erwachsenen Insekts; oft liefern am Munde ausmündende Spinndrüsen, aus umgewandelten Speicheldrüsen entstanden, Spinnfäden, welche zur Fortbewegung (Prozessionsspinner, Wicklerraupen), zur Anfertigung von Wohnungen oder Larven- und Puppenhüllen benutzt werden. Im Tracheensystem der Larven ist oftmals die Zahl und Verteilung der Stigmen abweichend von den diesbezüglichen Verhältnissen der Imago, oder es sind Tracheenkiemen ausgebildet (Eintagsfliege); das Nervensystem ist bedeutend mehr homonom (Fig. 32, 109, 117), als bei der Imago, die Sinnesorgane sind einfacher gebaut, namentlich fehlen den stark abweichenden Larvenformen (s. o.) die Netzaugen; endlich sind die Geschlechtsorgane, wenngleich schon angelegt, doch meist ohne Ausführungsgänge, stets aber ohne Oeffnungen.

Da sich das erwachsene Insekt — die Apterygogenea ausgenommen, — niemals häutet, muß das ganze Körperwachstum und demnach auch größtenteils die Ernährung in die Larvenzeit fallen, die deshalb stets mehrere — zum mindesten vier — Häutungen umfaßt. Nachdem die Larve ausgewachsen ist, wird sie durch eine letzte Häutung bei der unvollkommenen Verwandlung zur Imago, bei der vollkommenen zur Puppe. Die Verwandlung der Larve zur Imago während des letzten Larvenstadiums und während des Puppenstandes geht in der Weise vor sich, daß die Larvensegmente und Organe sich direkt in die entsprechenden Teile der Imago verwandeln (bewegliche Puppen mancher Fliegen); in anderen Fällen werden die Körperwände der Imago während die Larvenhaut zerstört wird aus den „I m a g i n a l s c h e i b e n" aufgebaut. Diese sind Zellkomplexe, die bereits im Ei angelegt und

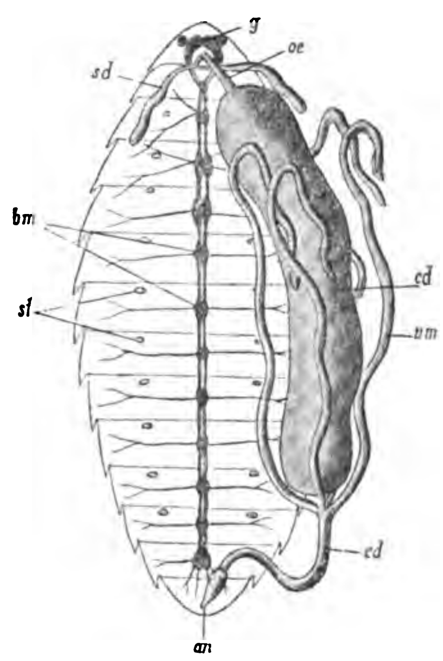



Fig. 117. [Larven der Honigbiene, Anatomie des Verdauungs- und Nervensystems. g Gehirn, bm Bauchmark, oe Speiseröhre, sd Spinndrüsen, cd Mitteldarm, ed Enddarm, nicht mit dem Mitteldarm in Verbindung, vm Malpighische Gefäße, an After, st Stigmen (nach Looß aus Lang).

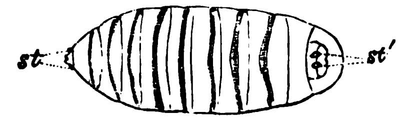



Fig. 118. Tönnchen der gemeinen Stubenfliege, an dem man deutlich die Segmente der Larvenhaut, sowie die vorderen und hinteren Stigmen, st und st', erkennt (nach Packdar aus Nitsche).

während des Larvenlebens entstanden sind und nun miteinander verwachsen. Auch innere Organe (Darm , Speicheldrüsen, Muskulatur, Atmungsorgane) erleiden bedeutende Umbildungen; bei vielen Insekten (Bienenlarven) tritt jetzt erst der bis dahin blind geschlossene Vorderdarm mit dem Enddarm in Verbindung. Auch die Geschlechtsorgane bilden sich während des Puppenstadiums vollkommen aus. Unter der letzten Larvenhaut sind häufig die inneren und äußeren Teile der Imago fertig vorhanden und zu erkennen und bleiben nach Abwerfen der letzten Larvenhaut nur noch von der Puppenhaut überzogen. Die Puppen, deren Gliedmaßen frei vom Rumpfe abstehen (Fig. 180), heißen f r e i e P u p p e n (Pupa libera der Käfer und Hautflügler); bei b e d e c k t e n oder M u m i e n p u p p e n (Pupa obtecta,

Fig. 142) sind alle Anhänge fest an den Körper gelegt (Schmetterlinge) und von der Puppenhaut bedeckt; wenn die letzte Larvenhaut die freie Puppe umhüllt (manche Dipteren), ist diese eine Tönnchenpuppe (Pupa coarctata, Fig. 118). Die Puppe ist in den meisten Fällen nicht lokomotionsfähig (Käfer, Schmetterlinge, Hautflügler), jene gewisser Dipteren (Stechmücke) schwimmt frei im Wasser. Insekten mit ruhender Puppe suchen vor der Verpuppung einen hierzu geeigneten Platz, indem sie hierzu die bisherige Larvenwohnung benützen oder Verstecke aufsuchen oder Hüllen aus dem Sekret ihrer Spinndrüsen herstellen (Cocon). Die letzte Häutung, die zur Imago führt, besteht im Abstreifen der Puppenhaut, der etwaige Cocon wird gesprengt, entweder durch die Stirnblase (Dipteren) oder mit Hilfe der Mundwerkzeuge (Cimbex) oder sie werden durch den sich durchzwängenden Körper geöffnet (Kiefernspinner). Während das Larvenleben einschließlich der Puppenruhe mehrere Jahre dauern kann, ist das erwachsene Insekt gewöhnlich nur kurzlebig. Doch gibt es auch als Imago langlebige Insekten (*Hylobius abietis*). Die Generationsdauer, d. h. die Zeit, die vergeht von der Eiablage bis zu dem Augenblick, da das aus dem Ei entstandene Individuum zur Fortpflanzung schreitet, ist verschieden. Währt sie 1 Jahr (365 Tage, die in 2 Kalenderjahre fallen), so ist sie einjährig, sie kann auch doppelt sein, wenn in einem Jahr zwei Insektengenerationen entstehen. Häufig ist sie mehrjährig (Maikäfer, *Hylobius*). Unter Umständen braucht ein Individuum die doppelte Zeit zur Entwicklung (Kiefernspinner), bei Puppen sagt man sie überliegen. Oft laufen mehrere Generationen nebeneinander her, zumal, wenn ein langlebiges Insekt zu verschiedenen Zeiten Eier legt. Dabei beobachtet man vielfach das zeitlich frühere Auftreten der Männchen (Proterandrie); die früh erscheinenden Männchen der späteren Generation paaren mit den späteren Weibchen der zeitlich vorangehenden Generation, wodurch Inzucht vermieden wird.

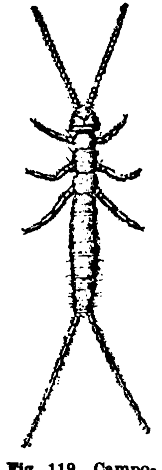


Fig. 119. Campodea staphylinus vergrössert (aus Leunis).



Fig. 120. Getreideblasenfuß (Limothrips cerealium) (aus Ritzema Bos).

Die Insekten sind zum überwiegenden Teile Landtiere, nur eine geringe Zahl hat sich dem Süßwasser zugewandt, und auf dem Meere kommt nur eine Familie der Wanzen vor. Sie gehören allen Klimaten an, doch steigt die Artenzahl rasch nach den Tropen hin. Im übrigen sind die Lebensbetätigungen äußerst vielseitige, und dementsprechend die Anpassungen, ohne daß aber von dem Grundtypus der Organisation erheblich abgewichen würde. Die Ernährung ist bald phyto-, bald zoophag, gelegentlich auch parasitisch. Sie ist dieselbe bei Larve und Imago aller Insekten mit unvollkommener Verwandlung; mit der vollkommenen Metamorphose ist ein Wechsel der Nahrung verbunden (Maikäfer, Noctuiden), eine Ausnahme machen Laufkäfer (*Calosoma*) u. a. Die Spinner fressen als Imago nicht, sie haben keine Mundteile und keinen Darmkanal. Hohe geistige Anlagen offenbaren sich in Kunsttrieben beim Bau von Wohnungen und bei der Brutpflege sowie in der Staatenbildung. Manche Insekten sind zu Stimmlauten befähigt, die sogar psychische Vorgänge widerspiegeln können; teils dienen dazu Einrichtungen an den Stigmen (Singapparat der Zikaden), teils Muskeltätigkeit, wie Schlagen der Flügel oder Reiben des Abdomens an den Flügeldecken (*Polyphylla fullo*) oder Reiben von Körperanhängen aneinander (Heuschrecken).

Die Winterkälte beeinträchtigt die Insekten nur in den seltensten Fällen. Ihre Körpersäfte gefrieren bei einer Temperatur von —10 bis 12 ° C. Im Augenblick des Gefrierens wird Wärme frei, durch welche die Körpertemperatur plötzlich auf etwa 0 ° C. steigt. Nur bei öfter wiederholtem Herabsinken bis zur kritischen Temperatur geht das Tier zugrunde. Deshalb erfrieren die Insekten nicht, gleichgültig, in welchem Stadium sie überwintern.

Die Bedeutung der Insekten im Naturhaushalte ist infolge ihrer Arten- und Individuenzahl eine sehr hohe; sie äußert sich in ihrer Ernährungsweise durch Verletzen und Zerstören von Pflanzen- und Tierkörpern sowie Uebertragen ansteckender Krankheiten auf Tiere; andrerseits ist ihre durchschnittliche Kleinheit und Schwäche Anlaß, daß sich viele andere Tiere, ja ganze Gruppen solcher, ausschließlich von ihnen nähren, und endlich sind sie als Vermittler der Fremdbefruchtung von hoher Bedeutung für die Vermehrung der Blütenpflanzen.

§ 60. 1. Unterklasse Apterygogenea (Fig. 119). Einfach gebaute Insekten mit drei Thoraxbeinen, ursprünglichem Flügelmangel, kauenden, selten stechenden Mundwerkzeugen, manchmal mit Netzaugen, mit segmental gesonderten Tracheenstämmen und Gliedmaßenresten an den Segmenten des Hinterleibes, der mit borstenähnlichen Fäden oder einer Springgabel endigt. Ohne jede Verwandlung; während des ganzen Lebens können Häutungen stattfinden. Leben an feuchten oder dunklen Orten, nähren sich von organischem Detritus.

Fam. *Poduridae*. Springschwänze. *Degeeria nivalis* L. Schneefloh; *Tamocerus plumbeus* L. Bleigrau, bei Tauwetter an Holzstößen, in Wagengeleisen. — *Lepisma saccharina* L., Zuckergast.

§ 61. 2. Unterklasse. Pterygogenea. Ursprünglich geflügelte oder im Laufe der Stammesgeschichte flügellos gewordene Insekten mit fußlosem Hinterleibe, Netzaugen, Längsstämmen der Tracheen und Metamorphose.

1. Ordn. Orthoptera. Gradflügler. Beißende Mundwerkzeuge mit getrennten vierteiligen Hinterkiefern, ihre Taster dreigliedrig (Fig. 104); Fühler lang, vielgliedrig; Facettaugen groß; zwei oder drei Punktaugen; Vorderbrust von der Mittelbrust abgesetzt und für sich beweglich; zwei ungleiche Flügelpaare, Vorderflügel meist schmale, pergamentartige Flügeldecken, Hinterflügel der Länge nach gefaltet; Hinterleib meist zehngliedrig mit einem Paar Raifen (Cerci), Weibchen oft mit Legescheide; manche mit Gehörorganen und Schrilleisten als Stimmeinrichtung; Verwandlung unvollkommen.

1. Unterordn. Dermaptera. Hinterende mit Zangen (Raifen), fressen Tier- und Pflanzenstoffe. Ohrwürmer: *Forficula auricularia* L.

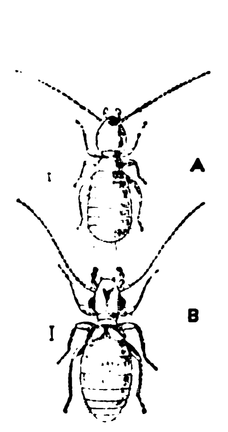
2. Unterordn. Blattodea. Körper flach, Prothorax breit schildförmig; bei Tage versteckt. Eier werden in Kapseln abgelegt. — *Blatta germanica* Küchenschabe; *Stylopyga* (*Periplaneta orientalis*) große Schabe.

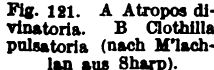
3. Unterordn. Saltatoria. Kopf groß, senkrecht gestellt. Prothorax beweglich. Das 3. Beinpaar sind Springbeine.

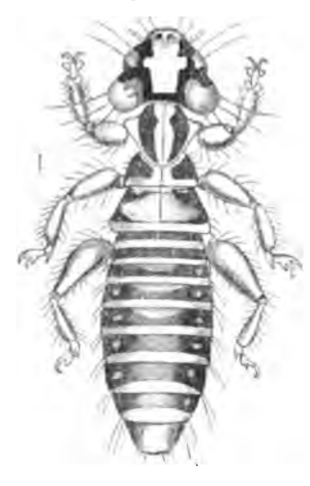
Fam. *Acridiidae*. Feldheuschrecken. Fühler kurz, Vorderflügel bedecken in der Ruhe die fächerförmig eingeschlagenen Hinterflügel. Tympanalorgan im 1. Abdominalsegment. *Gomphocerus*-Arten durchnagen Kiefernkeimlinge. *Tettix subulatus* L. Dociostaurus maroccanus Thunb. Wanderheuschrecke. Afrika.

Fam. *Locustidae*. Laubheuschrecken. Fühler lang, Flügel dem Körper anliegend. Tympanalorgane an den Schienen der Vorderbeine. Raubtiere. — *Locusta viridissima* L. *Decticus verrucivorus* L. benagt auch Nadeln der Kiefer.

Fam. *Gryllidae*, Grabheuschrecken. Körperform walzig; lange borstenförmige Fühler; kurze, querüber winklig gebrochene Flügeldecken, von den großen, fadenförmig eingerollten Hinterflügeln weit überragt. Vorderbeine oft zu Grabfüßen umgestaltet. Beide Vorderflügel mit Schrilleinrichtung. Sie wohnen unterirdisch, in Gängen; Ernährung von Pflanzen und Tieren. — *Gryllotalpa vulgaris* L. Maulwurfsgrille. Vgl. Bd. II p. 257 und Tafel 1. — *Liogryllus campestris* L. Feldgrille — *Gryllus domesticus* L. Hausheimchen.



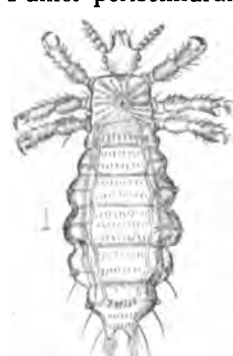


Fig. 121. A Atropos divinatoria. B Clothilla pulsatoria (nach M'lachlan aus Sharp).


Fig. 122. Trinoton luridum (nach Nitzsch aus Sharp).

§ 62. 2. Ordn. Thysanoptera. Blasenfüßer. Sehr kleine Insekten mit saugenden Mundteilen. Die zweigliedrigen Tarsen enden mit einem einziehbaren Bläschen als Haftvorrichtung. Flügel gleichartig, lang behaart. Metamorphose sehr unvollkommen. An Blättern saugend. — *Limothrips cerealium* Halid., Getreideblasenfuß (Fig. 121).

§ 63. 3. Ordn. Corrodentia. Die beißenden Mundteile bisweilen verkümmert; flügellos oder geflügelt, dann Flügel gleichartig; 1. Brustring frei, die andern zuweilen verwachsen; Lauf- oder Klammerbeine. Entwicklung eine unvollkommene Metamorphose, die Parasiten ohne Verwandlung.

1. Unterordn. Isoptera, Termiten. Kopf groß, mit starken Kiefern; Fühler perlschnurartig; Flügel einfach geadert mit Bruchfalte am Grunde, an der sie nach der Begattung abgeworfen werden; Laufbeine mit viergliedrigen Tarsen. Hinterleib mit Raifen. Darm mit Kaumagen. Meistens staatenbildende Insekten mit reichem Polymorphismus: Männchen (König), Weibchen (Königin), Soldaten, Arbeiter. — *Termes bellicosus* Smeathm. Afrika. Hügel bis 3 m hoch.


Fig. 123. Pediculus capitis Weibchen (nach Piaget aus Sharp).

2. Unterordn. Copeognatha [Psocoidea]. Holzläuse (Fig. 121). Mundteile beißend. Fühler borstenförmig, Beine mit 2—3gliedrigen Tarsen. Drei Stirnaugen. Vier gleichartige Flügel, die hinteren viel kleiner. Hinterleib ohne Reifen. Von Pilzen und Moder lebend. — *Troctes divinatorius* L., *Atropus pulsatoria* L. Bücherlaus, flügellos, Bücher und Insektensammlungen zerfressend. *Psocus nebulosus* Steph. Holzlaus, rasch laufend, an Baumstämmen.

3. Unterordn. Mallophaga. Pelzfresser, Federlinge. Klein, mit flachem Körper, ungeflügelt. Meso- und Metathorax oft verwachsen. Kopf groß mit verkümmerten Augen und kurzen Fühlern. Mundteile beißend. Kurze Lauf- und Klammerbeine. Darm mit Kropf. Hinterleib ohne Raife. Entwicklung direkt. Ektoparasiten auf Warmblütern, deren Horngebilde wie Haare, Federn und Hautschüppchen sie verzehren. — *Trinoton luridum* Nitzsch auf der Ente (Fig. 122). — *Trichodectes longicornis* N. schmarotzt auf dem Reh.

4. Unterordn. **Anoplura** [**Siphunculata**]. Tierläuse. Klein, flachgedrückt, flügellos; Augen oft fehlend; Fühler 3—5gliedrig; Brustringe völlig verwachsen, nur ein Thoraxstigma, Klammerbeine, Tarsus 1 gliedrig und 1 klauig. Eier [Nisse] (Fig. 115) pfeifenkopfähnlich, mit dem Stiele an ein Haar angeklebt, am freien Ende ein flacher Deckel, den die ausschlüpfende Larve absprengt. Dauernde Außenschmarotzer auf der behaarten Haut von Säugetieren. — *Pediculus capitis* de Geer. Kopflaus (Fig. 123).

§ 64. 4. Ordn. **Perloidea**, Afterfrühlingsfliegen. (Fig. 124). Körper parallelseitig, abgeflacht. Fühler lang, borstenförmig. Netzaugen klein. 3 Stirnaugen. Mundteile kauend. Prothorax groß. Flügel gleichartig, zart und weitmaschig geadert, Hinterflügel mit breitem Anallappen. Abdomen zehngliedrig, Raife oft sehr lang, gegliedert, Tarsen dreigliedrig. Verwandlung unvollkommen, Larven mit Tracheenkiemen, räuberisch, in fließenden Gewässern unter Steinen. *Perla abdominalis* Burm.

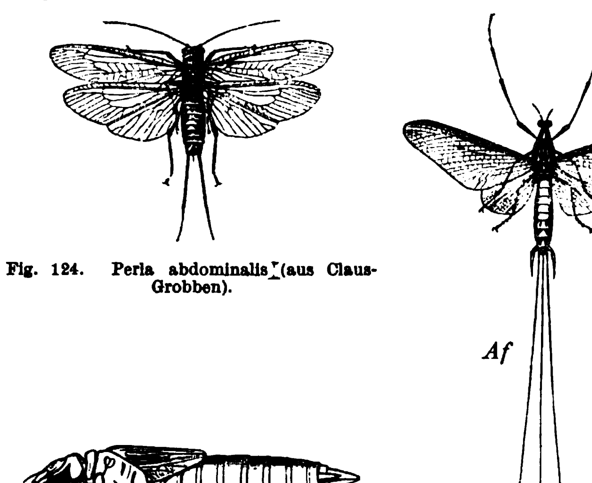



Fig. 124. Perla abdominalis (aus Claus-Grobben).

Fig. 125. Aeschna-Larven mit Flügelstummeln und Fangmaske (aus Claus-Grobben).

Fig. 126. Ephemera vulgata. Af Analfäden (aus Claus).

§ 65. 5. Ordn. **Odonata** [**Pseudoneuroptera**]. Libellen. Kopf querwalzenförmig breit, hinten verengt und sehr beweglich, mit 3 Punktaugen und großen Netzaugen, sehr kräftigen, beißenden Mundteilen und sehr kleinen pfriemenförmigen Fühlern. Vorderbrust klein und frei, Mittel- und Hinterbrust verwachsen; Geschlechtsdimorphismus: Männchen und Weibchen verschieden gefärbt; Flügel glasartig durchsichtig, gleichartig, sehr stark netzadrig; Hinterleib schlank mit ungegliederten, zangenartigen Raifen. Eiröhren panoistisch (Fig. 113). Raschfliegende räuberische Lufttiere. Die Begattung erfolgt im Fluge. Das Männchen umfaßt mit seinem Greiforgan des Abdomens den Nacken des Weibchens. Dieses krümmt seinen Hinterleib nach dem zweiten Abdominalsegment des Männchens, wo von der Geschlechtsöffnung entfernt die mit Sperma gefüllte Begattungstasche liegt. Larven im Wasser, räuberisch, Hinterkiefer zu einer unter Kopf und Brust zurückgeklappten, aber vorstreckbaren Fangmaske verschmolzen (Fig. 125) mit Tracheenkiemen, teils als drei lanzettliche Blätter an der Hinterleibsspitze sitzend, teils im Enddarm verborgen. — *Libellula quadrimaculata* L., *Aeschna grandis* L. Larve ein Feind der Fischbrut. — *Calopteryx virgo* L. Flügel des Männchens blau, des Weibchens braun.

§ 66. 6. Ordn. **Ephemeroidea**. Eintagsfliegen. Zarthäutig und schlank, Mundteile beißend, aber ganz verkümmert. Fühler kurz, borstenartig. Netzaugen der Männchen oft geteilt. 2—3 Punktaugen. Flügel gleichartig, hinteres

Paar klein oder fehlend. Tarsen 4—5 gliedrig. An der Hinterleibsspitze 2—3 lange Schwanzfäden. Männchen mit sehr langen Vorderbeinen. Larven im Wasser, mit starken Mundwerkzeugen, drei Schwanzborsten und paarigen Tracheenkiemen (Fig. 25) am Hinterleibe, räuberisch. Langdauernde unvollkommene Verwandlung mit zahlreichen, bei Cloëon über 20 Häutungen; die drittletzte Stufe verläßt als Nymphe mit Flügelstummeln das Wasser, häutet sich zu einer geflügelten Form



Fig. 127. Inocellia crassicornis. Larve und Imago (aus Henschel).

(Subimago), die sich nach kurzem Fluge durch nochmalige Häutung in die eigentliche Imago verwandelt. Die kurzlebige Imago nimmt keine Nahrung auf. — *Cloëon dipterum* L., ohne Hinterflügel. *Ephemera vulgata* L. (Fig. 126.)

§ 67. 7. Ordn. Neuroptera. Netzflügler. Mundteile kauend; Fühler schnur- oder borstenförmig; Vorderbrust frei; Flügel gleichartig, stark netzadrig, meist gleichgroß. Tarsen fünfgliedrig. Verwandlung vollkommen. Larven räuberisch, mit Laufbeinen.

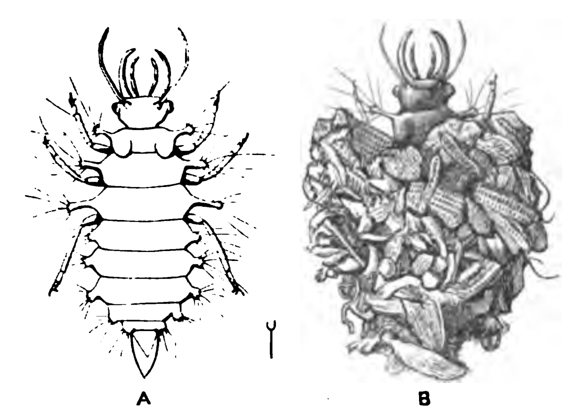



Fig. 128. Hermerobiuslarve A frei, B im Gehäuse (aus Henschel.)

Fam. *Sialidae*. Mit großem, fast wagerechtem Kopf; Flügel weitmaschig, mäßig geadert, in der Ruhe dachförmig liegend. — *Sialis lutaria* L. Larve im Wasser. — *Rhaphidia ophiopsis* L. in Nadelwaldungen und *Inocellia crassicornis* Schum. in Eichenwäldern, Kamelhalsfliegen (Fig. 127); Kopf herzförmig, auf dem sehr gestreckten Prothorax sitzend; Larve ebenfalls mit sehr verlängerter Vorderbrust, stellt unter Baumrinde Insektenlarven nach; Puppe freiliegend.

Fam. *Megaloptera*. Kopf senkrecht, Flügel groß, dichtgeadert. Larven mit großen Saugzangen, aus den vereinigten Vorder- und Mittelkiefern gebildet; Puppe in festem Cocon. — *Hemerobius micans* Ol. Blattlauslöwe. Larven von Blattläusen lebend, bekleben sich mit deren ausgesogenen Häuten (Fig. 128). — *Chrysopa perla* L. Florfliege. Eier lang gestielt, auf Blättern (Fig. 129). — *Myrmeleon formicarius* L. Ameisenlöwe. Libellenähnlich; Larven mit sehr kurzem breiten Hinterleibe, fertigen im Sande Trichter, in denen sie auf kleine Insekten lauern (Fig. 130).

§ 68. 8. Ordn. Panorpatae. Schnabelfliegen. Kopf unten in einen langen, die beißenden Mundteile tragenden Schnabel ausgezogen. Flügel gleichgebaut, schmal; lange Laufbeine. Verwandlung vollkommen. — *Panorpa communis* L. Skorpionsfliege. Beim Männchen das Hinterleibsende nach oben geschlagen, in eine blasige Zange verwandelt (Fig. 131). Imago und Larve leben räuberisch, letztere in feuchter Umgebung, Puppe im Boden.

§ 69. 9. Ordn. Trichoptera. Köcher- oder Frühlingsfliegen. (Fig. 132). Mundteile mehr oder weniger rudimentär, zum Saugen geeignet; Fühler lang und

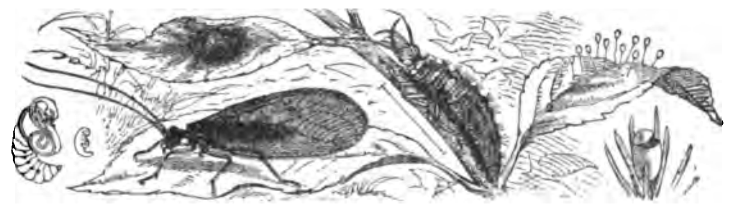


Fig. 129. Chrysopa perla. Puppe, Imago, Larve, Eier (aus Henschel).

borstenförmig; Vorderbrust sehr kurz. Beine langgespornt. Flügel ungleich, behaart oder beschuppt, die hinteren oft größer und faltbar. Verwandlung vollkom-

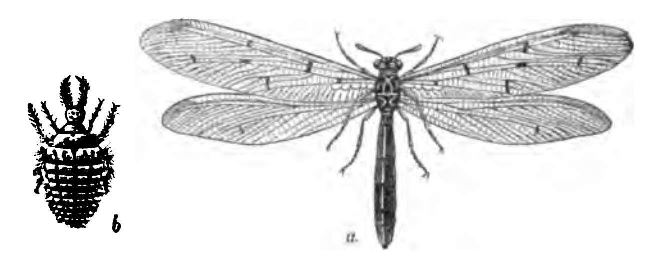



Fig. 130. Myrmeleon formicarius. a Imago, b Larve (nach Cuvier aus Claus-Grobben).

men; Larven mit beißenden Kiefern und fadenförmigen Tracheenkiemen an den sehr weichen Hinterleibsringen; meist im Wasser, stecken mit dem Hinterleibe in einem aus mancherlei Fremdkörpern gefertigten köcherähnlichen Gehäuse (Fig. 133), aus dem Kopf und Beine hervorgestreckt werden; Verpuppung im Gehäuse; die Nymphe verläßt das Gehäuse und wird außerhalb des Wassers zur Imago. Pflanzen-, seltener Fleischfresser.

*Phryganea striata* L.

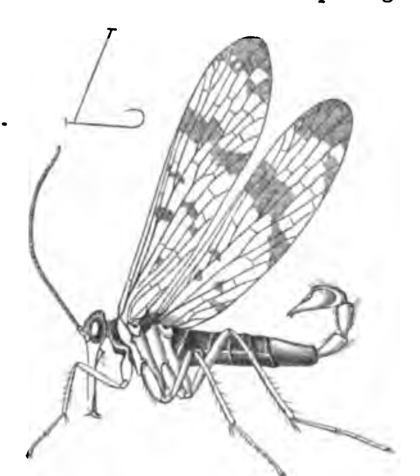


Fig. 131. Panorpa communis ♂ (aus Sharp).




Fig. 132. Phryganea striata. Imago (nach Cuvier aus Claus-Grobben).

§ 70. **10. Ordn. Lepidoptera.** Schmetterlinge. Saugrüssel spiralig, Vorderbrust mit der Mittelbrust verwachsen, zwei Paar gleichartig beschuppte Flügel; Verwandlung vollkommen.

Der ganze Körper nebst den Beinen und Flügeln vollständig mit langgestreckten haarartigen Chitinschuppen besetzt. Der halbkugelige Kopf mit großen Netzaugen ist gegen die Brust frei beweglich; zwischen großen Facettaugen stehen auf dem

Scheitel mancher Arten 2 von den Schuppen verdeckte Punktaugen. Die mehr oder weniger langen (*Adela*: weit über körperlang) Antennen („Fühler“) sind aus gleichartigen oder ungleichartigen Gliedern zusammengesetzt, daher faden-, schnur-, borsten-, keulenförmig, auch gesägt und gekämmt. Die **Mundwerkzeuge** sind zum Aufsaugen flüssiger Nahrung geeignet (Fig. 134). Die Außenladen der Mittelkiefer sind stark verlängert und bilden einen langen, in der Ruhe spiralig eingerollten Saugrüssel (Rollzunge); er trägt an der Spitze Dörnchen zum Aufritzen der Blütennektarien. Die Innenseite beider Teile sind in Form einer Rinne gefurcht und legen sich zu einer Röhre zusammen, durch welche die flüssige Nahrung eingesaugt wird. Die Oberlippe und die zu einer plattenförmigen Unterlippe verschmolzenen Laden der Hinterkiefer bedecken die Rüsselbasis. Die Vorderkiefer sind fast immer kurz und zu unbeweglich; die Taster der Mittelkiefer („Nebenpalpen“) gewöhnlich nur 2—3gliedrig und von Schuppen überwachsen, die der Hinterkiefer aber groß, dreigliedrig und zu Seiten der Rüsselbasis nach vorn gestreckt. Die drei **Brustringe**, von denen der Prothorax klein, der Mesothorax am größten ist, verwachsen mit einander. Das vordere der beiden **Flügelpaare** ist gewöhnlich das größere und — mit Ausnahme der Tagfalter — mit dem hinteren zu einheit-



**Fig. 183. Köcherfliegenlarve in ihrem Futteral steckend (aus Leunis).**

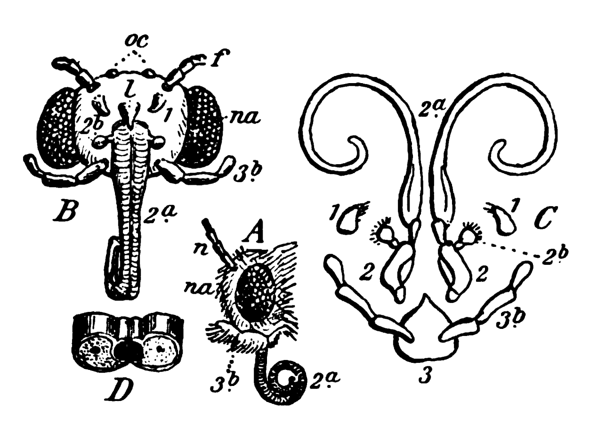



**Fig. 184. Halbschematische Darstellung gut ausgebildeter Schmetterlingsmundwerkzeuge. A Schmetterlingskopf mit Behaarung, von der linken Seite, nur, Fühler, Netzauge, Rollzunge und Palpen sichtbar. B Schmetterlingskopf nach Entfernung der Behaarung von vorn. C Die drei Mundwerkzeugpaare in der Ebene ausgebreitet. D Querschnitt der Rollzunge. 1 Vorder-, 2 Mittelkiefer, 2 a ihre Laden, 2 b ihre Taster, 3 Hinterkiefer, 3 b deren Taster (Palpen), oc Nebenaugen, na Netzaugen, [illegible] f Fühler, l Oberlippe (aus Nitsche).**

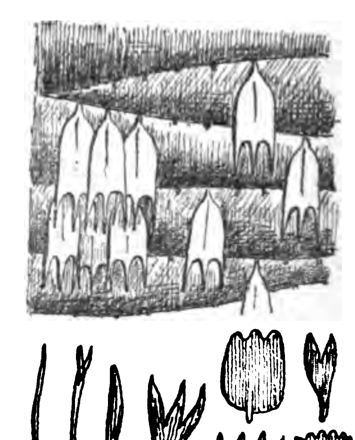


**Fig. 185. Stück eines Schmetterlingflügels mit einigen noch anhängenden Schuppen. Unten verschiedene Schuppenformen. Stark vergrößert (aus Nitsche).**

licher Bewegung befähigt vermöge einer Klammervorrichtung (meist Haftborste, selten Haftfalte, wie beim Hopfenspinner *Hepialus humili* L.). Schmale lange Vorderflügel ermöglichen einen raschen Flug (Schwärmer), kurze breite Flügel dienen zu flatterndem Flug (Tagfalter, Spanner). Die Ruhelage der Flügel ist für einzelne Gruppen charakteristisch, viele Tagfalter halten sie über dem Rücken aufrecht zusammengeschlagen, Spinner, manche Eulen und Wickler tragen sie dachförmig angelegt, andere Eulen legen sie flach auf den Rücken, während die Spanner sie entweder wie die Tagfalter halten (Kiefernspanner) oder mit flach ausgebreiteten Flügeln ruhen (Stachelbeerspanner). Die Chitincuticula trägt über den ganzen

Körper verbreitete Anhänge, welche als Haare oder Borsten den Rumpf und die Extremitäten (*Dasychira pudibunda*), als verschieden gestaltete Schuppen in dachziegelartiger Lagerung die Flügel bedecken (Fig. 135). Pigment- oder Struktur-




**Fig. 136.** Tagpfauenauge. Vanessa io L., sitzend. a Putzpfote (aus Leunis).

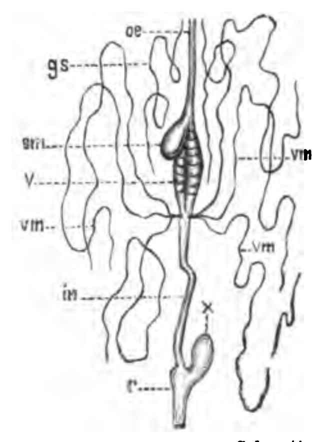



**Fig. 137.** Darmkanal eines Schmetterlings (Pieris). gs Speicheldrüsen, oe Speiseröhre, sm Saugmagen, v Magen, vm Malphighische Gefäße, in Dünndarm, r Dickdarm, x Blinddarm (nach Herold aus Kolbe).

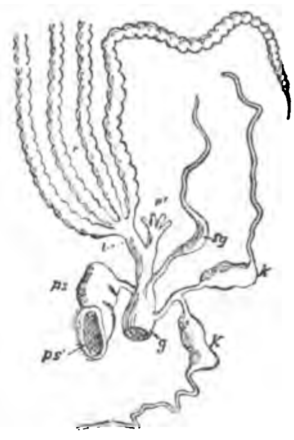



**Fig. 138.** Weibliche Geschlechtsorgane des Kiefernspinners. r die vier Eiröhren des einen Eierstocks, der andere ist abgeschnitten, t Eileiter, sg Samentasche mit Anhangsdrüse, k Kittdrüsen, g Scheide, ps Begattungstasche, ps' deren Mündung (nach Suckow).

farben der Schuppen rufen die bunte, oft schillernde Färbung und Zeichnung der Flügel hervor. Die meist kurzen dünnen **B e i n e** sind am Ende der Schienen mit 1—2 Sporen bewehrt; die fünfgliedrigen Tarsen der Vorderbeine sind bei manchen Tagfaltern (Vanessa) (Fig. 136) zu „Putzfüßen" verkümmert. Der 6—7gliedrige **H i n t e r l e i b** ist am Hinterende vielfach, zumal bei Eulen und Spinnern mit einem

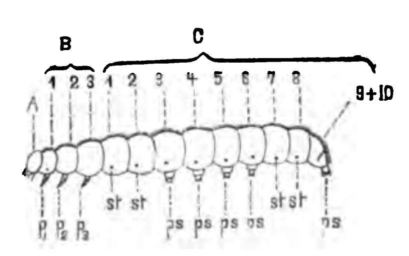



**Fig. 139.** Schmetterlingsraupe. A Kopf, B 1.—3. Brustring, C 1.—10. Hinterleibsring (9. und 10. verschmolzen, $p_1$—$p_3$ Brustfüße, ps Bauchfüße, st Stigmen (aus Kolbe).

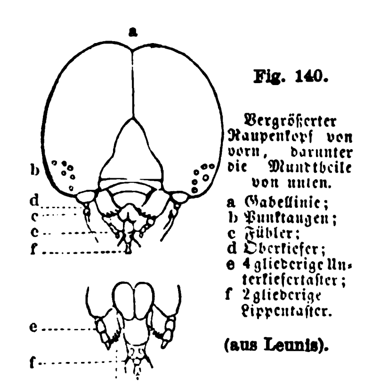



**Fig. 140.**

Vergrößerter Raupenkopf von vorn, darunter die Mundtheile von unten.
a Gabellinie;
b Punktaugen;
c Fühler;
d Oberkiefer;
e 4gliederige Unterkiefertaster;
f 2gliederige Lippentaster.

(aus Leunis).

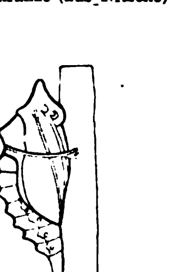
Schopf längerer pinselförmiger Haare oder mit dichter Wolle besetzt. Der Darm fehlt bei Spinnern im Imagozustand, ist bei den übrigen Faltern mit einem gestielten, seitlich ansitzenden Kropf „Saugmagen" versehen; die Geschlechtsorgane besitzen vier sehr lange Eiröhren; ihre große Begattungstasche mündet selbständig aus und ist fast ganz von den übrigen Leitungswegen abgegliedert (Fig. 138). Agame Fortpflanzung findet sich ausnahmsweise (Seidenspinner) oder regelmäßig (*Psychidae*); in Größe (Spinner), Färbung (Spinner, viele Tagfalter, einige Spanner), Flügel- (Spanner) und Fühlerbildung (Eulen, Spinner) ist Geschlechtsdimorphismus häufig, die Männchen sind oft bunter, lebhafter gefärbt als die Weibchen, auch gibt

es Arten, deren Weibchen in 2 verschiedenen Farben auftreten (*Argynnis paphia*); Saisondimorphismus herrscht bei *Araschnia* (Vanessa) *levana* (prorsa).

Die aus den mannigfach gestalteten Eiern schlüpfenden Raupen (Fig. 139) sind walzig rund; weiche Haut bedeckt 12 Leibesringe, eine harte Kapsel den Kopf; oft ist das erste Brustsegment mit einem dorsalen Schild versehen. Der Kopf trägt kauende Mundwerkzeuge, kurze Fühler sowie jederseits 4 oder 6 Punktaugen (Fig. 140). Die 3 ersten (Brust-)Segmente sind stets von je einem Fußpaar getragen, das aus 5 kegelförmigen Gliedern und einer Klaue (Fig. 141) besteht; am 6.—9. und 12. Ring sitzt je ein Paar stumpfer weicher Afterfüße (Fig. 139). Die Afterfüße können bis auf die am 9. und 12. Segment (Spanner, Fig. 145) ausfallen; manchmal sind jene des letzten Segmentes in fadenförmige Anhänge verwandelt (*Harpyia, Stauropus*). Die kreisförmige Sohle der Afterfüße freilebender Raupen trägt am Außenrand eine halbkreisförmige Doppelreihe nach der Sohle zu einschlagbarer Häkchen (Klammerfüße, Fig. 141 b), jene der in ihrer Nahrung lebenden oder in besonders gefertigten Gehäusen wohnenden Raupen besitzen einen geschlossenen Doppelring ringsum der ganzen Sohle (Kranzfüße, Fig. 141 c). Zwei Paar Speicheldrüsen münden in den Anfang des Darmkanals; das eine ist jedoch in oft mächtig entwickelte Spinndrüsen verwandelt, deren Sekret die Raupen benutzen, um sich daran herabzulassen oder sich Wohnstätten zu schaffen: Wickler rollen Blätter und spinnen sie zusammen, Ringelspinner und andere fertigen flache Gespinste, auf denen sie sich häuten, manche ebnen sich oft betretene Bahnen durch Gespinstfäden (Prozessionsspinner), andere fertigen Nester, in denen sie überwintern (Baumweißling, Goldafter), oder in denen sie hausen (Birkenspinner, Eichen- und Pinienprozessionsspinner), manche spinnen zum Zweck der Häutung Blätter zusammen (*Liparis salicis*). Die Tagfalter hängen sich zur Verpuppung an einem kleinen Gespinst mit dem Hinterende auf, oder spinnen einen Gürtel um den Thorax. Die Spinner fertigen mehr oder minder feste Cocons (Kiefernspinner, Birkenspinner), andere jedoch spinnen nur wenige Fäden (Nonne, Schwammspinner). Die Dauer der einzelnen Entwicklungsstadien ist verschieden; in jedem derselben kann der Winter verbracht werden. Als Ei überwintern Eichenwickler, Nonne, Ringelspinner, als Raupe Kiefernspinner, Goldafter, Baumweißling als Puppe Kiefernspanner, -eule, -schwärmer, als Ei oder Puppe der Kiefernprozessionsspinner, als Imago viele Tagfalter (Fuchs, Pfauenauge). Das Larvenleben währt meist weniger wie einen Sommer, selten überwintert eine Raupe zweimal (Sesien), auch das Puppenstadium ist sehr ver-



Fig. 141. Bewaffnung der Raupenfüße: a große einfache Klaue eines Brustfußes, b Afterfuß mit hufeisenförmigem, c mit einem geschlossenen, ovalen, doppelten Hakenkranze (aus Nitsche).


Fig. 143. Gürtelpuppe eines Tagfalters (aus Leunis).

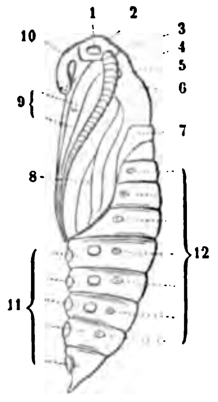


Fig. 142. Puppe des Ligusterschwärmers. 1 Augenhülle; 2 Kopfhülle, 4, 5, 6 Hülle der 3 Brustringe, 7 Hülle des Hinterflügels, 8 Hülle des Vorderflügels. 9 Fußhülle, 10 Rüsselhülle, 11 Hüllen der Bauchringe, 12 Luftlöcher (Stigmen) (aus Leunis).

schieden. Fast alle Raupen leben auf dem Lande, nur einzelne Zünsler im Wasser; sie nähren sich von Pflanzenteilen. Die Zahl der Häutungen ist nach Art und Geschlecht verschieden. Beobachtungen am Kiefernspinner lehren, daß auch in demselben Geschlecht Raupen mit verschiedener Häutungszahl vorkommen. Mit der letzten Häutung werden sie zu einer bedeckten Puppe, die entweder frei auf oder in der Erde oder in Pflanzenkörpern ruht (Fig. 142), oder sich mittelst Spinnfäden befestigt (Fig. 143), oder endlich von einem mehr oder weniger festen Cocon umgeben ist, während die Falter meist nur wenige Wochen leben. Die Schmetterlinge sind vielen Feinden ausgesetzt; viele Tiere stellen den Raupen und Puppen nach; parasitische Insekten (Ichneumonen, Fliegen), leben in deren Leibeshöhle und verzehren ihren Fettkörper und schließlich die Eingeweide. Die Generationsdauer der Parasiten ist jener der Wirte angepaßt; abgesehen von wenigen Ausnahmen (Meteorus) stirbt Wirt erst nach Beendigung des Larvenlebens seines Parasiten.

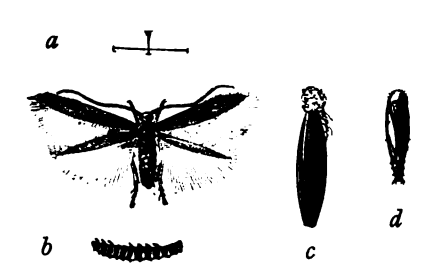


Fig. 144. Coleophora laricella (Hbn.). a Falter b Raupe, c Raupensäckchen, d Puppe (aus Heß).

Die herkömmliche Einteilung der Lepidoptera sondert sie in Großschmetterlinge, nämlich Tagfalter (*Rhopalocera*), Schwärmer (*Sphinges*), Spinner (*Bombyces*), Eulen (*Noctuae*), Spanner (*Geometrae*), und in Kleinschmetterlinge (*Microlepidoptera*), nämlich Motten, Wickler, Zünsler u. a.

Fam. *Tineidae.* Motten, Schaben. Vorderkiefer groß und beweglich; Nebenpalpen lang, 5gliedrig; Flügel schmal und zugespitzt, langgefranst. Die Raupen


Fig. 145. Hibernia defoliaria. Weibchen, Raupe, Männchen (aus Taschenberg).

minieren in Pflanzen oder verzehren trockne tierische Substanzen. — *Tinea pellionella* L., Kleidermotte; *Tinea granella* L. Kornwurm.

Fam. *Nepticulidae.* Kleinste Schmetterlinge ohne Nebenaugen; Fühler kürzer als die Vorderflügel; am Grunde zu einem Augendeckel erweitert; Palpen hängend, Nebenpalpen lang fadenförmig, mehrgliedrig; Hinterflügel schmal lanzettlich. Die Raupen, 18 füßig, minieren stets. — *Nepticula sericopeza* Zell. Ahorn-Miniermotte. Generation doppelt; die Raupe der ersten miniert in Blättern, die der zweiten in Samen.

Fam. *Gracilariidae.* Ohne Punktaugen und Nebenpalpen; Fühler ohne Augendeckel; Palpen kurz, dünn, hängend; Rollzunge kurz und fein. Raupen mit 14, oft verkümmerten Füßen, in Blättern runde Minen ausfressend. — *Tischeria complanella* (Hbn.), Eichen-Miniermotte. Mai-August. Die Raupe verzehrt den Inhalt der Eichenblätter, es entstehen große weiße blasige Minen, die besonders im Herbst auffallen.

Fam. *Elachistidae.* Mittelgroße bis kleine Falter, ohne Punktaugen und Nebenpalpen; Fühler mäßig lang, ohne Augendeckel; Palpen vorgestreckt, kürzer als die Brust; beide Flügelpaare sehr schmal und zugespitzt, langgefranst. Die Raupen minieren zuerst in oberirdischen Pflanzenteilen, machen sich dann Säcke, in denen sie großenteils versteckt sind und herumwandernd weiter minieren; Verpuppung im Sacke. — *Coleophora laricella* (Hbn.), Lärchen-Miniermotte (Fig. 144). Mai. Vgl. Band II. Seite 255.

Fam. *Gelechiidae.* Große bis mittelgroße Formen. Palpen meist stark entwickelt, lang vorstehend oder aufgebogen; Flügel mittelbreit, in der Ruhe flach übereinandergeschoben. — *Gelechia dodecella* (L.), Kiefernknospentriebmotte.

Fam. *Yponomeutidae.* Gespinstmotten. Ziemlich große bis kleine Formen. Nebenpalpen klein oder ganz fehlend; Rollzunge mäßig entwickelt; Flügel breit dreieckig bis lanzettlich. Raupen teils gesellschaftlich in großen Gespinsten, frei an Laubblättern fressend, teils in Trieben, Knospen, Nadeln minierend.

Unterfam. *Yponomeutinae.* Große Formen, Flügel breit und doch gestreckt, an Laubholz. — *Yponomeuta.* Gespinstmotten. Vorderflügel meist weiß mit zahlreichen schwarzen Punkten, Hinterflügel grau. Raupen gelblich oder grau, schwarz bepunktet. In Gespinsten gemeinschaftlich lebend, Puppe in weißem, spindelförmigen Cocon. *Yponomeuta cognatellus* Hb. Evonymus; *H. padellus.* Schlehe, Weißdorn, Weide, Pirus; *H. evonymella* L., Traubenkirsche. — *Prays curtisellus* Donov. Eschenzwieselmotte. 2 Generationen. Raupe der ersten in und später an Eschenblättern, jene der zweiten überwintert in Knospen.

Unterfam. *Argyresthinae.* Flügel schmal, lang gefranst. Zeichnung metallglänzend. — *Argyresthia laevigatella* H. Sch. Lärchentriebmotte. Mai—Juni. Raupe unter der Rinde junger Triebe, welche absterben. — *A. fundella* F. R. Tannennadelmotte, miniert in Tannennadeln. — *Ocnerostoma piniariella* Zell. Juni. August. Raupe miniert in Kiefernnadeln, Puppe zwischen solchen, die var. *copiosella* Frey in Arvennadeln.

Fam. *Tortricidae.* Wickler. Kräftig gebaut; mit Punktaugen; Fühler borstenförmig, beim Männchen mit Wimpern; Rollzunge ziemlich kurz, ohne Nebenpalpen; Palpen wenig vorstehend oder hängend; Flügel in der Ruhe dachförmig getragen; Vorderflügel mehr oder weniger rechteckig, Vorder- und Hinterrand parallel, Saum oft geschweift. Kurz gefranst, oft mit typischer Zeichnung durch paarweise am Vorderrande stehende helle „Häkchen" und durchgehende helle Querbänder, sog. Bleilinien; Spitzen der Vorderflügel oft auffallend gefärbt und gezeichnet: „Spiegel"; Hinterflügel breit. Raupen 16füßig; auf dem 1. Brustringe ein chitinisiertes Nackenschild und mit kurzen Borsten auf kleinen Wärzchen; sie wickeln die Blätter oder spinnen Nadeln zu einer Wohnung zusammen, viele minieren auch.

Unterfam. *Tortricinae.* Flügel fast nur eckig, starkgeschultert, d. h. an der Wurzel rasch verbreitert. — *Tortrix ferrugana* Tr. Rostgelber Eichenwickler. Laubholz, besonders Eichen. — *T. viridana* L. Grüner Eichenwickler. Juni—Juli. Vgl. Bd. II p. 265. — *T. piceana* L. August. Kiefer; Raupe grün mit braunem Nackenschild, benagt die Rinde junger Triebe und die Nadeln, wohnt in einer Röhre aus zusammen-

gesponnenen Nadeln. Puppe ebenda. Flugzeit Juli. — *T. murinana* Hb. Ziegenmelkerfarbiger Tannentriebwickler. Juni-Juli. Raupe benagt Nadeln und Rinde der Maitriebe. Aeltere Tannen.

Unterfam. *Grapholithinae.* Häkchen, Spiegel, Bleilinien deutlich. —*Grapholitha rufimitrana* H. Sch. Rotköpfiger Tannentriebwickler, lebt wie *Tortrix murinana.* — *Gr. nigricana* H. Sch. Tannenknospenwickler. Juni. — *Gr. pactolana* Zell. Vgl. Bd. II, p. 254. — *Gr. tedella* Clerck. Vgl. Bd. II, p. 254. — *Gr. strobilella* L. Fichtenzapfenwickler. Juni. — *Gr. zebeana* Rtzbg. Mai. Raupe unter der Rinde junger Lärchen an der Zweigbasis, Harzausfluß, gallenartige Anschwellung. — *Evetria* (*Retinia*) *duplana* Hb. Kieferntriebwickler. März-April. Raupe in noch nicht verholzten jungen Kieferntrieben. — *E. turionana* Hb. Mai. Raupe in Kiefernknospen, die im Frühjahr nicht austreiben. — *E. resinella* L. und *E. buoliana* Schiff. Vgl. Bd. II, p. 253. — *Steganoptycha diniana* Gn. Ind. (*pinicolana* Zell.). Juli-September. Lärche. Hochgebirge.

Fam. *Pyralididae.* Zünsler. Verhältnismäßig große Falter; Vorderflügel schmal, lang, dreieckig, Hinterflügel groß, breit, rundlich; Fühler beim Männchen gewimpert oder gekämmt; Rollzunge lang und stark, mit Nebenpalpen; Palpen sehr ansehnlich, den Kopf weit überragend. Raupen denen der Wickler ähnlich. —*Dioryctria abietella* (Schiff.). Zapfenzünsler. Raupe in Fichtenzapfen. — *Phycis splendidella* H. Sch. (*sylvestrella* Rtzbg.) Juni-Juli. Raupe in und an Kiefernzapfen. — *Ph. zelleri* Rag. (*tumidella* Zk.). Eichentriebzünsler. Juli. Raupe zwischen skelettierten Eichenblättern. — *Ephestia elutella* Hb. Kiefernsamenzünsler.

Die Raupen der zu den Pyraliden gehörigen Hydrocampinen leben wie die Larven der Trichopteren im Wasser und sind z. T. wie diese mit Fadenkiemen ausgestattet. Das Weibchen von *Acentropus niveus* Oliv. lebt auch als Imago im Wasser. Puppe ebenda. Die Begattung erfolgt an der Oberfläche.

Fam. *Cossidae.* Holzbohrer. Große Falter mit kleinem Kopfe, ohne Punktaugen und Rollzunge, mit kurzen Fühlern und Beinen, dicht anliegend behaarten Vorderflügeln mit gerundeter Spitze und schrägem Saume und kurz gefransten Hinterflügeln. Raupe mit einzeln stehenden Haaren, starken Mundteilen, chitinisiertem Nackenschilde, Kranzfüße, im Holze nagend. Puppen an dem Hinterrand der Hinterleibssegmente mit Dornen, welche das Vorschieben der Puppe vor dem Ausschlüpfen ermöglichen. — *Cossus cossus* L. Weidenbohrer. Juni-Juli. Raupe rotbraun, abgeplattet, zahlreich zusammenlebend, weil Eiablage haufenweise. Laubholz. — *Zeuzera pyrina* L. Juni-Juli. Falter weiß mit blauschwarzen Flecken. Männchen seltener und kleiner als Weibchen. Raupe gelb mit schwarzen Punkten. Einzeln in jungen Laubholzstämmchen.

Fam. *Sesiidae.* Glasflügler. Mittelgroße bis kleine Schmetterlinge. Fühler spindelförmig, Flügel schmal, größtenteils schuppenlos, glashell, Hinterleibsende mit Haarbusch; Tagtiere, stechenden Hautflüglern ähnlich. Raupen weißlich mit braunem Kopfe, vereinzelten Haaren und geschlossenem Hakenkranze der Afterfüße; leben und verpuppen sich im Innern von Pflanzen. — *Trochilium apiforme* Clerck. Hornissenschwärmer. Raupen in Pappeln; verwandte Arten auch in Weiden, Erlen, Birken u. a. Holzarten. Manche können schädlich werden. Generation 2jährig.

Fam. *Cymbidae.* Kahnspinner. Klein, eulen- oder wicklerähnlich, mit kurzen Flügeln, die das Hinterleibsende wenig überragen; Brust unbeschopft, Beine schlank. Raupen mit Klammerfüßen, Verpuppung in einem festen, kahnähnlichen Cocon. *Halias chlorana* L., Weiden-Kahnspinner. Die Raupe spinnt die Blätter an den Spitzen junger Weidentriebe zusammen und befrißt diese, den Trieb und die Knospen.

Fam. *Geometridae*. Spanner (Fig. 145). Mittelgroß, meist schlank gebaut, mit schwachen Beinen, großen Flügeln, die der Weibchen mancher Arten verkümmern. Sitzen mit flach ausgebreiteten Flügeln; viele Arten ruhen derart, daß die Längsachse des Körpers wagrecht gerichtet ist. Flügelzeichnung und Färbung oft der Baumrinde sehr ähnlich. Der Kiefernspanner trägt ruhend die Flügel hochgestellt ähnlich den Tagfaltern. Meist ohne Nebenaugen; Fühler borstenförmig, bei den Männchen oft doppelt gekämmt; Rollzunge schwach, ohne Nebenpalpen; Palpen schwach. Meistens Nachttiere. Die Raupen haben nur am 9. und 12. Ringe Afterfüße, weshalb sie sich nicht kriechend, sondern spannend bewegen; sitzen am Zweig, Blattstiel, Blattrand dicht angeschmiegt (Schutzfärbung), oder strecken mit dem Hinterende sich festhaltend den Körper unbeweglich in die Luft (gleichen trockenen Zweigen in Form und Farbe). Manche überwintern als Raupe, die meisten als Puppe, Frostspanner als Ei. Sie leben meist äußerlich an den Nährpflanzen. Die Puppen liegen meist lose in der Erde oder oberirdisch in lockeren Gespinsten. — *Cheimatobia brumata* L. Kleiner Frostspanner. Vgl. Bd. II, p. 264. — *Cheimatobia boreata* Hb. Buchenfrostspanner und *Hibernia defoliaria* L. Großer Frostspanner, ebenda p. 265. — *Amphidasis betularia* L. Birkenspanner. Kreideweiß, bräunlich schwarz




Fig. 146. Agrotis vestigialis, Männchen und Weibchen (aus Heß).

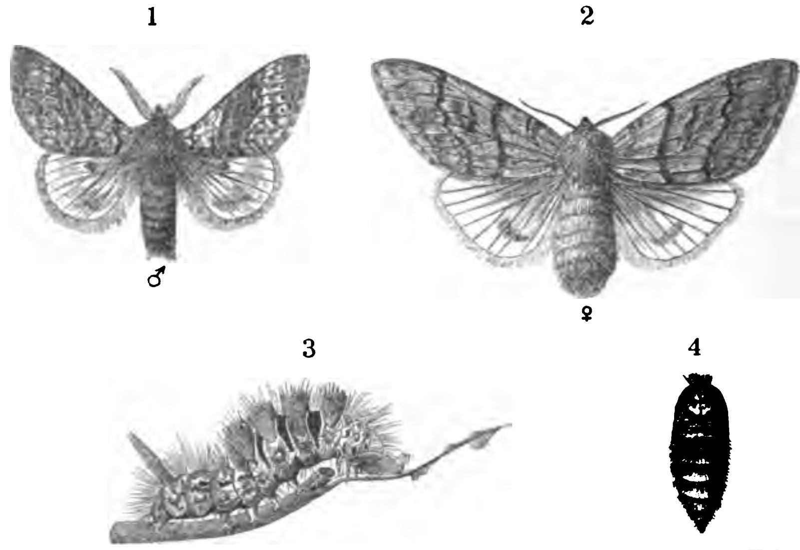



Fig. 147. Dasychira pudibunda. 1 Männchen, 2 Weibchen, 3 Raupe, 4 Puppe (aus Heß).

bestäubt und gefleckt, die weiße Stammform wird von Jahr zu Jahr seltener, die dunklen Varietäten, Melanismen, häufiger.

Fam. *Noctuidae*. Eulen. Mittelgroß, kräftig gebaut, mit Punktaugen, borstenförmigen Fühlern, kräftiger Rollzunge ohne Nebenpalpen, aber kurzen, behaarten Palpen; Brust schopfähnlich behaart; Beine kräftig; Flügel in der Ruhe steil dachartig getragen, Vorderflügel lang dreieckig mit schrägem Saume, gewöhnlich düster gefärbt mit „Eulenzeichnung" aus Pfeil-, Nieren- und Ringfleck, zwischen denen gewellte Querlinien (Fig. 146); Hinterflügel abgerundet, hell, in der

Ruhe gefaltet. Lebhafte, Blüten besuchende Nachtfalter. Raupen meist nackt (eigentliche Eulen, *Agrotis*), manche stark behaart (spinnerähnliche Eulen, *Acronycta*), 16füßig, vor den ersten beiden Häutungen oft nur 12—14füßig (spannerartige Eulen, *Plusia gamma* L.), ungesellig, meist äußerlich an Pflanzen, doch einzelne im Innern oder unterirdisch an Wurzeln. Puppen meist lose im Boden, auch in Gespinsten. *Agrotis vestigialis* Rott (*valligera* Hb.), Kiefern-Saateule (Fig. 146). August-September. Raupe erdfarben, bei Tage im Boden versteckt, nagt an Wurzeln und Rinde junger Kiefern. — *A. segetum* Schiff. Wintersaateule. Mai-Juni. — *A. tritici* L. Getreidesaateule. — *Acronycta aceris* L. Ahorneule. Mai-Juni. Raupe gelb bis braun, zweizeilig lang und weich behaart. Rücken mit weißen, schwarz umrandeten Flecken. Ahorn, Roßkastanie; Puppe in Cocon.

Fam. *Lasiocampidae* [*Bombycidae*]. Glucken, Spinner. Kleine bis große Spinner ohne Punktaugen, häufig mit behaarten Netzaugen, doppelt gekämmten Fühlern; Rüssel und Darm verkümmern oder fehlen; Beine kurz, stark, Rumpf dick und groß mit wolliger Behaarung. Flügel breit, ohne Haftborste, Raupen 16 füßig, dicht und weich behaart; Puppe in derbem Cocon. — *Dendrolimus pini* L. Kiefernspinner. Vgl. Bd. II, S. 247. Die Zahl der Häutungen der einzelnen Raupen schwankt zwischen 4 und 7. Das Winterlager wird nach der 3.—6. Häutung bezogen. Die überwinternden Raupen sind meist 1—3 cm lang; große im Winterlager gefundene Raupen befinden sich in einer zweiten Ueberwinterung. Eine Raupe frißt nach der Ueberwinterung 600 Nadeln im Gewicht von 40 g. Der Nahrungsverbrauch und das Wachstum sind kurz vor der Verpuppung am stärksten. — *Malacosoma neustria* L. Juli. Flügel kurz, braun (Männchen) oder gelb (Weibchen) mit 2 dunklen Wellenlinien. Eier in festen Ringeln jüngster Triebe von Obstbaum, Eiche, Weide. Raupen mit blauem Kopf, braun, bunt längs gestreift, in Familien; Puppe in weißem, gelb stäubenden Gespinst. —*Eriogaster lanestris* L. Birkenspinner. April. Lange, schwarze büschelweise rot behaarte Raupen leben in großen spindelförmigen Gespinsten an Birke, Puppe in kurzem, festem, gelbem Cocon im Boden. Ueberliegt häufig.

Fam. *Limantriidae* [*Liparidae*], Wollspinner (Fig. 147). Mäßig große Spinner ohne Punktaugen, mit nackten Netzaugen, kurzen, beim Männchen lang doppelt gekämmten Fühlern, verkümmertem Rüssel und Darm; Hinterflügel breit, mit Haftborste. Raupen bald mit großen, aufrechtstehenden Haarbüscheln, bald mit knopfähnlichen langbehaarten Warzen. Puppe behaart, in wenigfädigem Gespinste. — *Lymantria monacha* L. Nonne. Vgl. Bd. II, S. 249. Die Haare der Spiegelräupchen sind blasig aufgetrieben, „aerostatische" Haare, enthalten aber keine Luft. Die Nonnenraupe verzehrt etwa 600—1000 Fichtennadeln, ausschließlich der zu Boden geworfenen. Jüngste Raupen nähren sich an Kiefern vom Pollen. Bei trockenem Wetter sind sie gegen Kälte sehr unempfindlich. Die Copula wird selten beobachtet, die Falter sitzen während derselben nebeneinander. — *L. dispar* L. Schwammspinner. August. Männchen dunkelbraun, Weibchen weiß, beide mit schwarzen Linien. Stellung während der Copula wie bei der Nonne. Eier in „Schwämmen" von Afterwolle bedeckt im Winter an Stämmen aller Laubhölzer. Raupe grau mit derben Haaren auf blauen und roten Warzen. Puppe schwarz, spärlich behaart. In Deutchland wirstchaftlich bedeutungslos, in Nordamerika Waldverwüster. — *Euproctes chrysorrhoea* L., Goldafter. Juni-Juli. Weiß mit ockergelber Afterwolle. Raupen an Eiche und Obstbaum, überwintern gemeinsam zwischen versponnenen Blättern (Nester). — *Porthesia similis* L. Juli. — *Stilpnotia salicis* L. Weidenspinner. Juni-Juli. Atlasglänzend weiß. Raupe grau, rötlich, am Rücken mit weißen Flecken. An Pappeln, Weiden. — *Dasychira pudibunda* L., Buchenrotschwanz. Mai-Juni,

Trüb weiß, Weibchen rötlich grau bestäubt, Männchen dunkler grau gezeichnet. Eier grün in Scheiben an Buchenrinde. Raupe gelb, mit Haarbürsten und rotem Schwanzbüschel. Ligamente tief schwarz, variiert nach grau, grün, braun bis schwarz. Kahlfraß im Spätherbst. Puppe über Winter im Cocon zwischen Buchenstreu. — *Orgyia antiqua* L. Juli-August. Weibchen flügellos, legt die Eier auf seinem Puppencocon ab.

Fam. *Thaumetopoeidae* [*Cnethocampidae*]. Prozessionsspinner. Kleinere Falter ohne Punktaugen; Fühler zweireihig gekämmt; Rüssel fehlt, Palpen versteckt. Raupen dunkelköpfig, mit Querreihen lang und grau behaarter Warzen auf allen Leibesringen und dunkleren samtartigen „Spiegelflecken“ auf dem 4. bis 11. Ringe; auf diesen Flecken mikroskopisch kleine, spindelförmige, leicht abbrechende, gezahnte, spitze Härchen, die in der menschlichen Haut heftige Entzündungen hervorrufen; die Raupen leben gesellig, bewegen sich zu Prozessionen geordnet umher. Cocon im Nest oder im Boden. — *Thaumetopoea* [*Cnethocampa*] *processionea* L. Eichen-Prozessionsspinner. Raupe mit rötlichbraunen Spiegelflecken. Vgl. Bd. II, S. 262. — *Th. pinivora* Tr. Kiefernprozessionsspinner, Juli-August. Raupe grüngrau mit schwarzen rotgelb gerandeten Spiegelflecken, fertigen kein Nest. Puppe im Cocon im Boden. — *Th. pityocampa* Schiff. Pinienprozessionsspinner. Raupe wie vorige aber oberseits mehr schwärzlich, in Nestern.

Fam. *Lithosiidae*. Flechtenspinner. Flügel groß, zart, in der Ruhe flach auf dem Rücken. Farbe grau oder gelb. Raupen leben ausschließlich von Flechten. — *Lithosia quadra* L. Juli-August.

Fam. *Notodontidae*. Ohne Rollzunge, Nebenpalpen und Schienensporen; Flügelpaare durch einen Haftlappen des vorderen verbunden. Raupen dünn behaart. — *Phalera bucephala* L. Mondvogel. Mai. Raupen in Familien an Eichen, Weiden und anderen Laubhölzern. Kahlfraß an Zweigen.

Fam. *Sphingidae*. Schwärmer, Abendfalter. Körper kräftig, Hinterleib gestreckt und zugespitzt. Flügel steif, sehr ungleich groß, die vorderen lang und schmal. Rüssel sehr lang. Raupen fleischig, nackt, buntfarbig, gewöhnlich mit einem Horn über dem After. Puppen im Boden. Tag- und Dämmerungstiere. — *Sphinx pinastri* L. Kiefernschwärmer. Juni-August. Puppe mit Rüsselscheide, 5 cm lang, ohne Cocon unter der Moosdecke.

Fam. *Pieridae*. Weißlinge. Ohne Punktaugen; Flügel breit, abgerundet, ganzrandig, vorwiegend weiß der gelb gefärbt; Vorderschienen vollständig. Raupen dünn behaart; Gürtelpuppen eckig, bunt gefleckt. — *Aporia crataegi* L. Baumweißling, ausgezeichnet durch sein periodisches Auftreten. Bei Eberwalde zwischen 1886 und 1912 nur einmal 1890 und zwar massenhaft. Juni. Raupe an Obstbäumen, Weißdorn, Weide, überwintert zwischen zusammengesponnenen Blättern.

§ 71. **11. Ordn. Diptera.** Zweiflügler. Mit saugenden oder stechenden Mundteilen, häutigen Vorderflügeln, zu Schwingkölbchen verkümmerten Hinterflügeln und vollkommener Verwandlung.

Der Kopf ist durch einen dünnen Hals gegen die Brust frei beweglich; mit großen Netzaugen und meist 3 Ocellen. Die Fühler zeigen alle Uebergänge von einer großen Anzahl gleichartiger Glieder bis herab zu dreien, denen als viertes eine dünne gegliederte Borste (Arista) ansitzt (Fig. 148). Die Mundteile (Fig. 149) bilden einen Rüssel, der in der Ruhe meist eingeklappt getragen wird. Nur zum Saugen (Schöpfen) dient er, wenn die Unterlippe mit schwammigen aus Lippentastern hervorgegangenen Labellen besetzt ist (Stubenfliege), zum Stechen und Saugen, wenn die Kiefer und ein unpaarer am Boden der Mundhöhle entspringender

Hypopharynx zu langen stabförmigen Stechorganen umgebildet sind. In den Hypopharynx münden Speicheldrüsen, deren Sekret als Gift wirken kann (*Culex*). Die Männchen sind stets, bei den *Cycloraphen* auch die Weibchen ohne Mandibeln. Die drei Brustringe sind eng und fest untereinander verbunden, und der kurze Prothorax ist vom großen Mesothorax beinahe verdeckt. Die Beine sind wohl entwickelte Laufbeine, ihre fünfgliedrigen Tarsen endigen oft mit 2—3 Haftlappen (Pelotten) zwischen den Klauen. Das allein vorhandene Paar der Vorderflügel, am 2. Brustringe, ist häutig durchsichtig und trägt nur in seltenen Fällen starkes Pigment (*Hemipenthes morio* L.). Der Hinterrand jedes Flügels zerfällt in einen äußeren großen und inneren kleinen Flügellappen. Die Hinterflügel werden durch die gestielten Schwingkölbchen (Halteren) ersetzt, die mit Sinnesapparaten, wahrscheinlich statischen, ausgestattet sind (Fig. 150) und von den Thoraxschüppchen bedeckt sind. Manchen Arten fehlen die Flügel. Der „sitzende" Hinterleib wird aus nur 4—8 Segmenten gebildet. Die Ganglien der Brust sind mit jenen des Abdomens verschmolzen. Dem Schlund ist ein gestielter Saugmagen angegliedert, die Tracheen erweitern sich im Abdomen zu gestielten Blasen. Geschlechtlicher Dimorphismus kommt häufig durch größere Augen, reichere Fühlergliederung, einfachere Mundteile des Männchens und verschiedene Gestalt des Hinterleibes zum Ausdruck. Die Verwandlung ist vollkommen. Die meisten Dipteren sind ovipar, Fleischfliegen und viele Raupenfliegen ovovivipar; bei den viviparen Lausfliegen durchlaufen die Larven sogar ihre Metamorphose bis zur Verpuppungsreife im mütterlichen Uterus. Die walzigen oder kegel- bis spindelförmigen Larven sind stets fußlos, sonst aber sehr verschieden gebaut (Fig. 151—155). Sie besitzen entweder eine abgesetzte Kopfkapsel, Fühler und Punktauge (eucephal), oder nur eine hinten offene Kieferkapsel (hemicephal); fehlt auch diese samt echten Fühlern, Ocellen und Kiefern, so treten an deren Stelle chitinige Mundhaken auf (acephal). Die meisten sind weiß, manche rot (Chironomus) oder gelb (Cecidomyia), andere glasartig durchsichtig (Corethra). Die Puppe ist entweder eine bedeckte Mumienpuppe (coarctata) oder eine freie (libera). Erstere ist oft durch Ortbewegung ausgezeichnet (Culex), letztere ruht in der abgestreiften zu

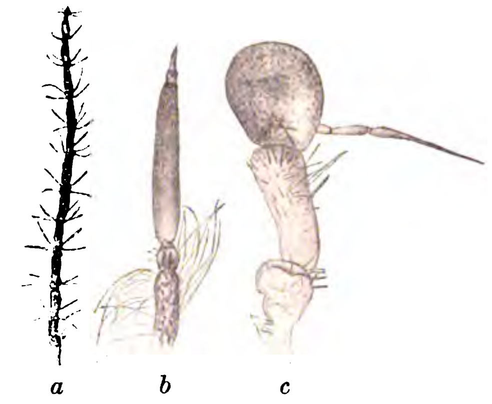


Fig. 148. Fühler von Dipteren. a Tipula paludosa, b Bombylius minor, c Echinomyia fera (nach Wandolleck).

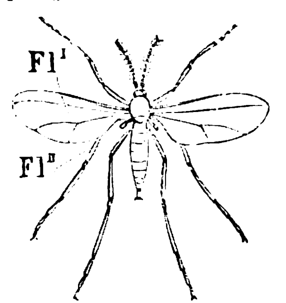


Fig. 150. Weibliche Gallmücke, Cecidomyia, stark vergrößert. Fl I gut ausgebildeter Vorderflügel, Fl II zum Schwingkölbchen verkümmerter Hinterflügel (aus Nitsche).

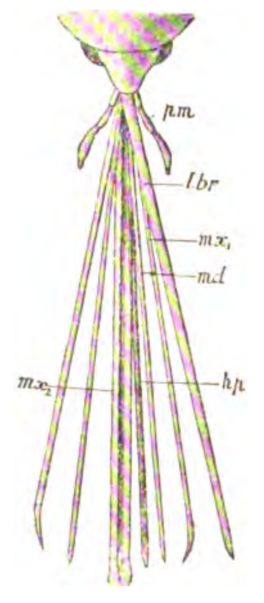


Fig. 149. Mundteile von Culex. hp Hypopharynx, lbr Oberlippe, md Vorder-, $mx_1$ Mittel-, $mx_2$ Hinterkiefer, pm Taster der Mittelkiefer (aus Lang).

einer aufgetriebenen Tonne erhärteten letzten Larvenhaut. Am Tönnchen der Dipterenpuppe sind stets die Segmente der Larvenhaut noch zu erkennen. Die Fliegen

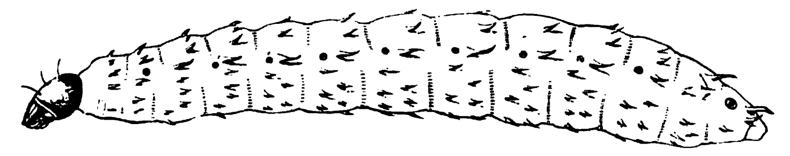


**Fig. 151. Eucephale Larve von Bibio (aus Sharp).**

sind meist sehr lebhaft, ernähren sich vorwiegend von tierischen (Parasiten) oder pflanzlichen Säften, oder sonstigen Flüssigkeiten; feste Substanzen lösen sie

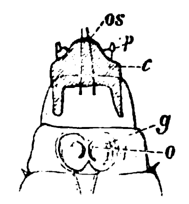



**Fig. 152. Schematische Darstellung des Kopfendes einer Cecidomyiden-Larve (hemicephal). os rudimentäre Mundteile, p Taster, c Kopfkapsel, g Oberschlundganglion, o Augenflecken (nach Marno und Hayek).**

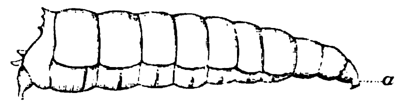



**Fig. 153. Acephale Larve der Schmeißfliege. a der vorgestülpte Kopf (nach Lowne aus Sharp).**

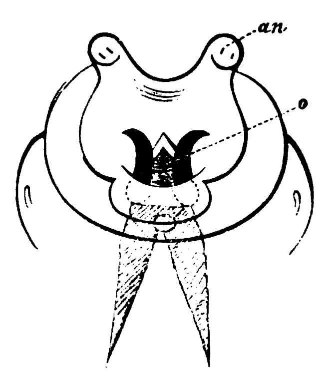



**Fig. 154. Kopfende einer acephalen Dipterenlarve, schematisch. an Fühlerwarzen, o Mundöffnung, daneben die Mundhaken (nach Marno aus Hayek).**

vermittelst ihres Speichels. Die Larven leben im Wasser und feuchtem, moderigem, schlammigem Boden, in und an Pflanzen und Tieren sowie als Räuber und Parasiten. Auf die Art der letzten Häutung und des Ausschlüpfens der Imago gründet sich die systematische Einteilung der Zweiflügler.

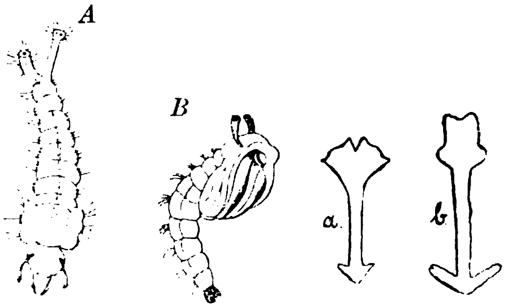



Fig. 155. Culex annulatus, A Larve, B Puppe (aus Leunis).

Fig. 156. Brustgräte der Larve von Cecidomyia saliciperda (aus Nitsche).

§ 72. 1. Unterordn. **Orthorrhapha.** Die Verwandlung erfolgt als Mumienpuppe oder in der Larvenhaut. Die letzte Larvenhaut wird mit einem T-förmigen Spalt gesprengt, entweder vor der Verpuppung oder von der ausschlüpfenden Imago, deren Puppe in der Larvenhaut eingeschlossen war. Fühler drei- bis vielgliedrig.

1. Ueberfam. **Nematocera.** Mehr als 6 Fühlerglieder.

Fam. *Mycetophilidae.* Pilzmücken. *Sciara thomae* L. *Sc. militaris* Now. Wandernde Larven: „Heerwurm".

Fam. *Bibionidae.* Haarmücken. *Bibio hortulanus* L. Larven erdfarben, mit Kopf, behaart, haufenweise über Winter unter Waldstreu, fressen Mulm und Wurzeln (Fig. 151).

Fam. *Chironomidae.* Mücken tanzen oft in großen Säulen in der Luft. Larven grün oder rot im feuchten Boden oder Wasser. Bilden eine Hauptnahrung der Süßwasserfische. — *Chironomus plumosus* L.

Fam. *Culicidae.* Stechmücken. Ohne Punktaugen; Fühler 15 gliedrig, beim Männchen stark behaart. Nur die Weibchen mit ausgebildetem Stechrüssel können stechen. Larven (Fig. 155) eucephal, im Wasser mit dem Kopfe nach unten,



Fig. 157. Tipula. Larve, Puppe und Imagines (aus Henschel).

mit unpaarer Atemröhre am 8. Abdominalringe; Puppe (Fig. 155) frei beweglich im Wasser, mit zwei Atemröhren am Brustabschnitt. Flugton scharf, pfeifend. — *Culex pipiens* L. Stechmücke. Hinterbeine im Sitzen hochgehalten. Ueberfällt Mensch und Tier. Blutsaugend, juckende Pusteln. Ueberwintert in Kellern. Larve und Puppe in stehendem Wasser. — *Anopheles claviger* Fabr. Ueberträger der Malaria. Hinterbeine im Sitzen gesenkt, Hinterleib gehoben. — *Corethra plumicornis* Fabr. Larve in Seen nahe über dem Boden.

Fam. *Simuliidae.* Kriebelmücken. *Simulia reptans* L. *S. columbaczense* Schoenb. Donauländer.



Fig. 160. Hintere Stigmenplatten einer Tachinenlarve (aus Nitsche).



Fig. 158. Hinterleibsende der Larve von Tipula melanoceros mit Hörnern, Borsten, Stigmen und Afterwülsten, von hinten gesehen (aus Nitsche).

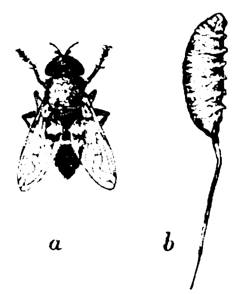



Fig. 159. Eristalis tenax, a Fliege, b Larve (aus Claus).



Fig. 161. Echinomyia fera (aus Kolbe).

Fam. *Cecidomyidae.* Gallmücken (Fig. 152). Kleinste Mücken, Rumpflänge 2—5 mm. Fühler bis 36 gliedrig, perlschnurartig, fein behaart. Schienen ungespornt; Hinterleib mit Legeröhre. Larven meist orangegelb, hemicephal mit kurzen 2 gliedrigen Fühlern; am 3. Ringe auf der Unterseite oft eine vorstreckbare chitinige Brustgräte (Fig. 156) als Bewegungsorgan; leben zumeist im Innern von Pflanzen, wo sie Gallbildungen hervorrufen. Puppe in der Galle, schiebt sich beim

Ausschlüpfen der Mücke vor oder auch im Boden, öfters in einem zarten Cocon. — *Rhabdophaga* (*Cecidomyia*) *saliciperda* Duf, Weiden-Holz-Gallmücke. Gallen im Kambium älterer Zweige und Aeste. — *Cecidomyia* (Rh.) *salicis* Schrank. Weidenrutengallmücke. Zweigverdickung und Knickung einjähriger Weidenruten. Mehrere Larven in gemeinschaftlicher Galle, aber jede Larve in besonderer Gallenkammer. — *Cecidomyia* (Rhodites) *rosaria* Lw. Weidenrosengallmücke. Erzeugt terminale Blattrosetten. — *Cecidomyia* (Dasyneura) *terminalis* Lw. Gallen am Endtrieb von Weidenruten. — *Cecidomyia marginem torquens* Winn. An Weiden Rollung des Blattrandes verursachend. — *Cecidomyia* (Dasyneura) *abietiperda* Hensch. Gallen an Maitrieben der Fichte. — *Ceciydomia* (Dasyneura) *piceae* Hensch. In zwiebelartig aufgetriebenen Knospenschuppen der Fichte. — *Cecidomyia* (laricis F. L.) *kellneri* Hensch. In Lärchenknospen, Alpenländer, Süddeutschland. —*Cecidomyia fagi* Htg. Buchenblattgallmücke. Eiablage an Buchenknospen. Gallen grün, rot, spitz, kegelförmig auf Buchenblättern. Larve überwintert in der abgefallenen Galle am Boden. — *Cecidomyia* (Oligotrophus) *annulipes* Htg. Kleine weiß und rot behaarte Gallen auf Buchenblättern. — *Cecidomyia juniperinus* L. Gallen an endständigen Nadeln des Wacholder. — *Cecidomyia* (Thecodiplosis) *brachyntera* Schwaeg. Larven zwischen kurzbleibenden gallenartig verwachsenen Nadeln der Kiefer. Puppe in der Nadelscheide, am Stamm oder am Boden. — *Cecidomyia destructor* Say, Hessenfliege. Maden der Sommergeneration zwischen den Blattscheiden saugend, Puppe am Halm, die der Wintergeneration am Wurzelknoten des Wintergetreides. Puppe im Boden. — *Cecidomyia* (*Contarina*) *tritici* Kirby. Larven in Weizenähren.

Fam. *Tipulidae*. Schnaken (Fig. 157). Große Mücken ohne Punktaugen, mit kurzem Rüssel ohne Stechborsten, 4 gliedrigen Tastern mit langem, oft peitschenartigem Endgliede und äußerst langen Beinen. Larven hemicephal mit starken Kiefern, Körper gestreckt walzenförmig mit abgestutztem Hinterende, wo sechs Fleischwarzen zwei große chitinisierte Stigmen umgeben (Fig. 158); sie leben in der Erde von toten pflanzlichen Stoffen greifen aber auch die zarten Wurzeln an, wodurch sie an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und an Nadelholzsämlingen Schaden anrichten. Außerdem entwickeln sie sich in faulem Holze und sind die ersten Bewohner der Kiefernstubben. Puppen langgestreckt, mit Stigmen an der Vorderbrust. Die Hinterleibsegmente mit Hakenkränzen, mit deren Hilfe sie sich aus kreisrunden Fluglöchern hervorschieben. — *Pachyrrhina pratensis* L. Weidenschnake.

2. Ueberfam. Brachycera (Tanystomata). Fühler kurz dreigliedrig, oder die auf das zweite Glied folgenden anders gestaltet. Mit Mumienpuppe oder Pseudotonnenpuppe.

Fam. *Tabanidae*. Bremsen. Stattliche Fliegen mit breitem Kopfe, großen Augen und 3 gliedrigen Fühlern; Rüssel dick, vorgestreckt, nur bei den Weibchen mit Vorderkiefern als Stechborsten; Hinterleib plattgedrückt. Larven leben im Boden oder im Wasser von anderen Insektenlarven. — *Tabanus bovinus* Loew. Rinderbremse.

Fam. *Asilidae*. Raubfliegen. Große Fliegen mit stark behaartem Körper. Grau; Hinterleib auch etwas buntfarbig. Augen stark vorstehend; Mundteile zum Fassen der Beute eingerichtet, die im Fluge erhascht wird. Larven in der Erde oder im Holz, leben von anderen Larven. — *Asilus crabroniformis* L.

Fam. *Bombyliidae*. Hummelfliegen. Körper wollig behaart, Flügel zum Teil pigmentiert. *Anthrax morio* Fabr. Larven als Hyperparasiten in den parasitischen Schlupfwespen der Forleule.

§ 73. 2. Unterordn. Cyclorhapha. Stets freie Puppen, die in der letzten Larvenhaut (Tönnchen) liegen bleiben; diese wird von der ausschlüpfenden Fliege durch eine kreisrunde Spalte gesprengt.

1. Ueberfam. Aschiza. Die Fliege sprengt das Tönnchen, indem sie ihre noch weiche Kopfkapsel durch Blutdruck aufbläht.

Fam. *Syrphidae.* Schwebfliegen. Lebhaft gefärbte, stark behaarte Fliegen, die stechenden Hymenopteren mimetisch ähneln. — *Eristalis tenax* L. Fliege drohnenähnlich, Larve walzenförmig, grau gefärbt, mit langer Atemröhre (Rattenschwanzmade), in faulendem Wasser, Jauche (Fig. 159). — *Syrphus pyrastri* L. Blaue Schwebfliege. Sitzen gerne auf Blumen oder schweben in der Luft plötzlich rasch wegfliegend. Larve kegelförmig mit spitzem Kopfende lebhaft gefärbt (grün), auf Pflanzen, von Blattläusen sich nährend; Puppen tropfenähnlich an Blättern hängend.

2. Ueberfam. Schizophora. Beim Ausschlüpfen wird eine häutige Blase aus einer Stirnspalte herausgetrieben, die den Deckel vom Tönnchen absprengt. Nach dem Wiedereinziehen der Blase bleibt die Spalte erhalten.

Fam. *Muscidae.* (*Eumyidae*). Kopf halbkugelförmig, Stirnblase groß, Fühlerborste oberseits am dritten Fühlerglied.

Unterfam. *Tachininae.* Fühlerborste nackt oder behaart. Thorax mit Quernaht. Hinterleib 4 ringelig mit wechselndem Borstenbesatz. Larven acephal, mit 1 Paar Stigmen am ersten und letzten Ringe; letztes Paar auf der abgestutzten Hinterfläche als sechs grade Spalten in zwei chitinisierten Stigmenplatten (Fig. 160); leben entoparasitisch in anderen Insekten, namentlich Schmetterlingsraupen und Blattwespenlarven. Die Fliegen sind teils vivipar (*Panzeria rudis* Fall.), teils kleben die weißen Eier an die Wirte an. Die Embryonalentwicklung ist in 5 Tagen durchlaufen. Die sich entwickelnde Made bohrt sich durch die Haut in den Wirt. In drei zu unterscheidenden Altersstadien besitzt sie eine verschiedene Mundbewaffnung und verschieden gebaute Stigmen. Während des ersten liegt sie mit den Stigmen am Einbohrloch in einem von ausgesaugten Fettzellen des Wirtes gebildeten Sack, im letzten Stadium verläßt sie diesen und wächst rasch heran. Die Puppe liegt im Wirt, oder in seinem Cocon oder im Boden. Wird eine kurz vor der Häutung stehende Raupe mit Eiern belegt, so bleibt sie von Parasiten befreit, wenn die Häutung vor Beendigung der Embryonalentwicklung der Tachinenlarve vor sich geht.

Die Gattung *Tachina* zerfällt in viele Untergattungen: *Echenomyia fera* L. (Fig. 161) in Eulen- und Nonnenraupen. — *Eutachina larvarum* L. in Nonnen- und zahlreichen anderen Raupen. — *Parasetigena segregata* Rdi. in Nonnenraupen. — *Lydella pinivorae* Rtzbg. in Cnethocamparaupen. — *L. nigripes* Fall. in Kiefernspannerraupen. — *Lophyromyia inclusa* Htg. bei Lophyrus schmarotzend. — *Argyrophylax bimaculata* Htg. in Spinnerraupen. — *Panzeria rudis* Fall. in Forleulen. — *Phryxe vulgaris* Fall. in Lophyruslarven.

Unterfam. *Muscinae.* Larven entwickeln sich in faulenden Stoffen oder parasitisch. Im letzteren Falle stimmt ihre Lebensweise mit jener der Tachinen überein. — *Musca domestica* L. Stubenfliege. Larve im Mist. *Stomoxys calcitrans* L. der vorigen ähnlich, sticht empfindlich. *Glossina palpalis* R. Desv., Tsetsefliege. — *Sarcophaga carinaria* L. Fleischfliege. Larven gebärend; Larve in Fleisch, unreinen Wunden, parasitisch in Insekten.

Unterfam. *Oestridae.* Biesfliegen. Kopf groß, Fühler kurz, Borste verborgen. Mundteile verkümmert oft ganz verschwunden. Augen klein, Abdomen vielfach kugelig. Die acephalen, auf den Ringen Querreihen von Stacheln tragenden

Larven („Engerlinge“) leben unter der Haut, in den Kopfhöhlen oder im Magen von Säugetieren, verpuppen sich aber stets nach Verlassen des Wirts in der Erde.

Dasselfliegen. Hypoderma. Als Imago ohne Nahrungsaufnahme. Weibchen mit Legeröhre. Larven ohne Mundteile. Die Eier werden an die Haut von Wiederkäuern gelegt, in welche sich die Larve einbohrt, mit den Stigmen an die Oeffnung angelegt entwickelt sie sich in einer Dasselbeule. Oft zu hunderten zumal am Rücken des Wirtes. Für *Hypoderma bovis* Geer, die Rinderbiesfliege, ist ein anderer Werdegang der Larve nachgewiesen, der auch für *Hypoderma diana* zutreffend zu sein scheint. Die an Haare abgelegten Eier werden abgeleckt, junge Larven in Speiseröhre, wandern im submukosen Gewebe des Schlundes umher, bleiben dort von Juli bis November, dringen in Bindegewebe von Brust und Bauchhöhle, wandern in den Kanal der Rückenwirbel (Dez.), verlassen ihn (März) durch die Wirbellöcher und wandern (Jan.-Juni) in die Subcutis. Die wandernde Larve reizt durch Sekrete und Hautdornen, erzeugt Entzündungen. Die Haut wird durchbohrt, Larve kapselt sich ein,

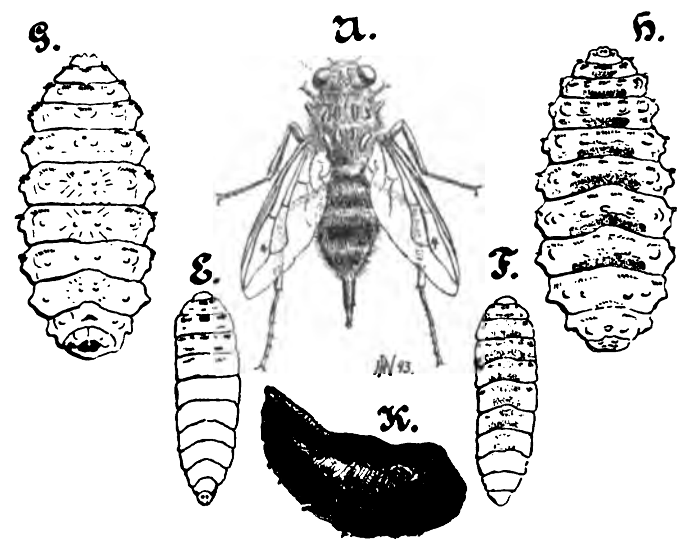



**Fig. 162. Hypoderma diana. A Weibchen, E und F Larve des 2. Stadiums von oben und unten, G und H dsgl. des 3. Stadiums, K Tönnchenpuppe (aus Nitsche).**

liegt mit den Stigmen am Bohrloch, während durch krankhafte Neubildung des Bindegewebes die Dasselbeulen entstehen. — *Hypoderma diana* Brauer, Reh, Rotwild (Fig. 162), *H. actaeon* Brauer, Rotwild.

Rachenbremsen *Cephenomyia*, hummelähnliche Fliegen; im heißen Sommer auf Türmen im Wald. Weibchen ohne vorstreckbare Legeröhre, spritzen ovovivipar die Brut an die feuchte Nase des Wirtes. Larve in Nasen- und Rachenhöhle desselben. — *C. auribarbis* Meig., Rotwild. — *C. stimulator* Clark., Reh. — *C. ulrichii* Brauer, Elch. — *Pharyngomyia picta* Meig., Rotwild.

Magenbremsen. Eiablage an die Haare des Wirtes. Das Ei wird abgeleckt. Larve in Magen und Darm. — *Gastrophilus equi* Clark. Pferdemagenbremse.

Fam. *Pupipara*. Lausfliegen. Der ganze Körper breit, abgeplattet, Kopf gegen die Brust zurückschlagbar mit gradeaus gerichtetem Rüssel. Augen können fehlen. Beine mit Klammerhaken, Flügel vorhanden, fehlend oder abfallend. Die Entwicklung geschieht in der zum Uterus erweiterten Scheide, wo sich die der Mundhaken entbehrende Larve von dem Sekret der Uterusdrüsen nährt; geboren wird die Larve verpuppungsreif oder schon verpuppt. Meist an der Haut von Warm-

blütern, selten an Insekten schmarotzend. — *Lipoptena cervi* L. Hirschlausfliege (Fig. 164). — *Braula coeca* Nitzsch, auf Bienen (Fig. 163).

12. Ordn. Siphonaptera [Aphaniptera]. Flöhe. Stets flügellose Insekten; Körper schmal; nur zwei seitlich stehende Punktaugen an dem breiten Kopfe; Fühler kurz; Mundteile zu einem Saugrohr mit Stechborsten umgewandelt; die 3 Brustsegmente gleichartig, jedes frei beweglich, auch der Prothorax mit Stigmen; Beine lang, zum Springen eingerichtet, an Größe nach hinten zunehmend; Hinterleib sehr groß. An der Kopfunterseite und am oberen Hinterrande von Brust- und Hinterleibsringen kammartige Reihen von Chitinstacheln. Vollkommene Verwandlung: Larven gestreckt, fußlos mit deutlichem Kopf und kauenden Mundteilen. Verpuppung in einem seidenartigen Cocon. Die Larven leben im Kot und Moder, die Imagines sind Ektoparasiten an Warmblütlern, und zwar nur an solchen, die ein Lager oder Nest haben: Primaten, Fledermäuse, Raub- und Nagetiere, Vögel. — *Pulex irritans* L. Menschenfloh. — *Ctenocephalus canis* Curt. Hundefloh. — *Ceratophyllus gallinae* Schrank, auf Hühnern und Tauben (Fig. 165).

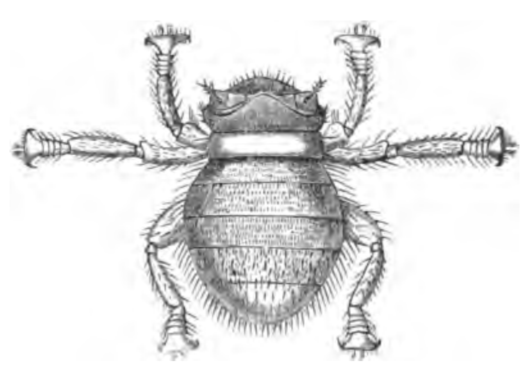


Fig. 163. Braula coeca (nach Meinert aus Sharp).

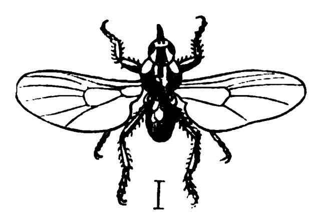



Fig. 164 Lipoptena cervi (aus Hayek).

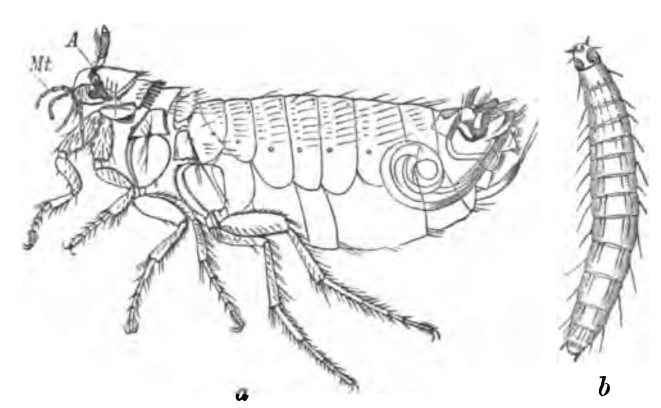



Fig. 165. a Ceratophyllus gallinae ♂. A Antennen, Mt Taster der Mittelkiefer. b Larve von Pulex irritans (nach Taschenberg aus Claus-Grobben.)

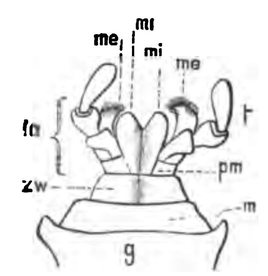



Fig. 166. Unterlippe eines Raubkäfers von unten. la vorderer Abschnitt (Ligula), me äußere Laden (Paraglossen), mi innere Laden. t Taster, pm Tasterträger, zw Kinn, m Unterkinn, g Kehle (aus Kolbe).

§ 74. **13. Ordn. Coleoptera, Käfer.** Mit kauenden Mundwerkzeugen, großer frei beweglicher Vorderbrust, zu festen Flügeldecken umgebildeten Vorderflügeln und vollkommener Verwandlung.

Die Körperform ist sehr mannigfaltig, linear bis fast kugelig. Am Kopfe sind die einzelnen Bezirke wie Gesicht, Wangen, Kehle meist durch deutliche Nähte getrennt, die Fühler gewöhnlich 11 gliedrig, in den einzelnen Gruppen von sehr verschiedenem Bau; jene des Männchen oft größer als die des Weibchens; die ansehn-

lichen Netzaugen wechseln von der Kreis- bis zur Nierenform und können selbst zweigeteilt sein; Punktaugen fehlen fast immer. Die Vorderkiefer sind kräftig ungegliedert, zum Beißen und Festhalten befähigt; gegliedert und zum Kauen eingerichtet erscheinen die Laden der Mittelkiefer, deren Palpen 4gliedrig sind; die Hinterkiefer sind größtenteils zu einer rechteckigen Unterlippe verschmolzen, ihre Palpen 3gliedrig (Fig. 166). Der frei bewegliche als Halsschild hervortretende Prothorax und der die Flugmuskeln enthaltende Metathorax überwiegen an Größe erheblich den Mesothorax. Für den Bau der Flügel ist die Umwandlung des ersten Paares zu harten Flügeldecken (Elytren) und die Anordnung des Geäders der Unterflügel bezeichnend, die Flügeldecken sind fest chitinisiert und durch Längsadern gestützt, zwischen welchen durch Höcker und Gruben eine für manche Gruppen bezeichnende Flügelstruktur erzeugt wird. Sie bedecken in der Ruhe die zusammengefalteten Hinterflügel, den Hinterleib, sowie die Hinterbrust und lassen von der Mittelbrust nur ein vorderes kleines Dreieck, das Schildchen (Scutellum), frei. Beim

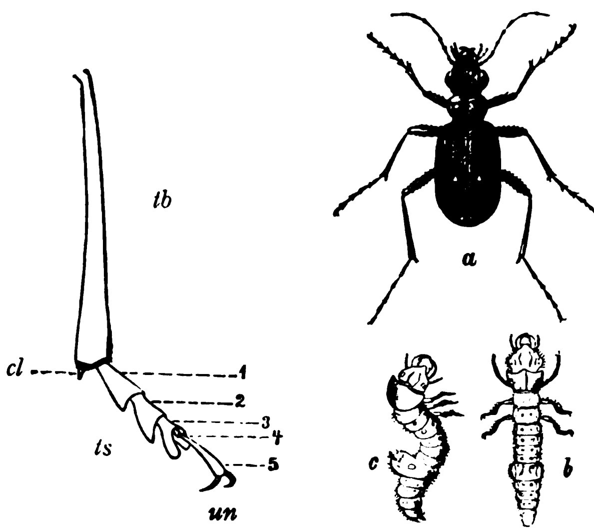



**Fig. 167.** Schiene und Fuß eines Bockkäfers. tb Schiene, cl deren Endsporn, ts Fuß, 1—5 dessen fünf Glieder, un Krallen (aus Kolbe).

**Fig. 168.** a Cicindela campestris, b. c deren Larve mit den beiden Haken auf den verdickten 5. Abdominaltergite (nach Cuvier aus Claus-Grobben).

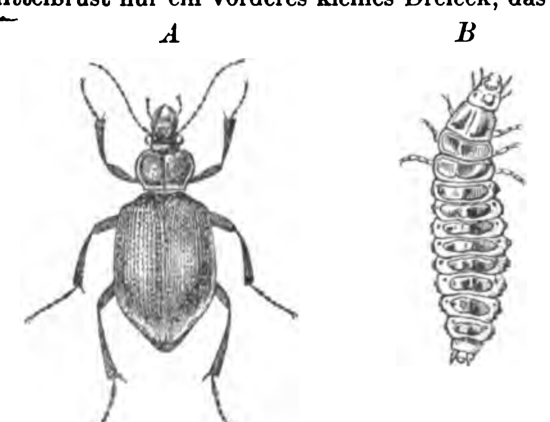



**Fig. 169.** Calosoma sycophanta. A Käfer, B Larve (aus Leunis).



**Fig. 170.** Dytiscus latissimus ♂ (aus Leunis).

Fluge werden sie zwar abgespreizt, aber nicht bewegt. Wenn die Flügeldecken die letzten Abdominaltergite frei lassen, stellen diese ein stärker chitinisiertes Pygidium dar (Maikäfer). Manchmal sind die Oberflügel in der Naht verwachsen, dann fehlen die Unterflügel, die Art ist flugunfähig (Graurüßler). Die Beine sind verschieden gestaltet. Laufbeine zeigen nicht selten am Fuße eine Sohlenbildung („Gangbeine");

die Vorderbeine können zu Grab-, die Hinterbeine zu Schwimmfüßen werden (Fig. 170). Meistens beträgt die Zahl der Tarsenglieder 5 (pentamer), oft ist das vorletzte so schwach entwickelt, daß es von dem 3. fast verdeckt wird (tetramer, besser kryptopentamer) (Fig. 167); bei weiterer analoger Verkürzung auf 4 Glieder ist der Fußbau trimer oder kryptotetramer; Käfer endlich, die an den beiden ersten Beinpaaren 5 gliedrige, am hinteren 4 gliedrige Tarsen haben, heißen heteromer. Die nach der Zahl der Tarsalglieder geschaffene Einteilung deckt sich nicht mit der auf Grund der allgemeinen Verwandtschaft aufgestellten systematischen Gruppierung. Der Hinterleib sitzt in seiner ganzen Breite dem Metathorax an, das Nervensystem ist durch die Verschmelzung der 2. und 3. Thoraxganglien mit jenen des 1. oder auch noch 2. Abdominalganglienpaares gekennzeichnet.

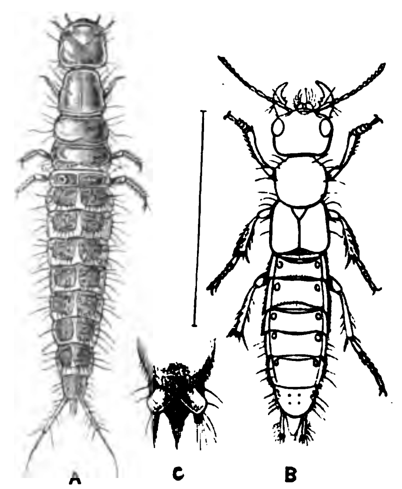


Fig. 171. A Larve von Philontus nitidus (nach Schiödte), B Ocypus olens, C dessen Hinterleibspitze mit den Stinkdrüsen (aus Sharp).

Der je nach der Art der Nahrung verschieden gebaute (Fig. 20), aber stets gewundene Darm besitzt bei den Fleisch- und Holzfressern einen Kaumagen; 4 oder 6 Malpighische Gefäße treten auf. Die Eiröhren sind stets zahlreich vorhanden, die Hoden einfach schlauchförmig oder aus Follikeln zusammengesetzt. Das Weibchen besitzt eine Begattungstasche, der Penis ist groß, stark chitinisiert und in das Abdomen eingezogen. In vielen Fällen ist die äußere Verschiedenheit der Geschlechter in Größe, Farbe und Ausbildung einzelner Körperteile (Fühler, Tarsalglieder, Struktur der Flügeldecken) sehr ausgeprägt. Unter den Larven tritt bei freier Lebensweise die campodeaähnliche Form (Fig. 169, 171) häufig auf, während die in der Erde, in Pflanzen und als Schmarotzer lebenden madenähnlich sind, aber stets eine ausgebildete Kopfkapsel und beißende Mundwerkzeuge und meist Ocellen haben. Die Puppen sind immer freie; sie liegen öfters in einem Cocon oder in der besonders hergerichteten Larvenwohnung oder in Erdhöhlen oder sind frei aufgehängt (Coccinella).


Fig. 172. Silpha quadripunctata (aus Taschenberg).

§ 75. 1. Unterordn. Adephaga. Hinterflügel mit Queradern; Eiröhren polytroph; Hoden tubulös. 4 Malpighische Gefäße; Larven campodeaähnlich, mit 2 gliedrigen Tarsen. Ursprünglich nur Fleischfresser.

Fam. *Cicindelidae.* Sandlaufkäfer. Innenladen der Mittelkiefer verlängert, an der Spitze mit einem beweglichen Zahn versehen; Augen groß, hervortretend; Laufbeine sehr lang. Rasch fliegende und laufende Räuber. Die gleichfalls räuberischen Larven, leben in senkrechten Erdröhren, in denen sie sich mit 2 Häkchen auf dem verdickten 5. Hinterleibsringe festhalten. — *Cicindela campestris* L. grüner; *C. hybrida* L. brauner (Fig. 168) Sandlaufkäfer.

Fam. *Carabidae.* Laufkäfer. Fühler fein behaart. Mittelkiefer ohne beweglichen Zahn an den Innenladen; Außenladen 2 gliedrig, tasterförmig; alle Beinpaare sind gleichartige Laufbeine. Die schwarzen, gleich den Imagines fleischfressenden Larven tragen 2 Fortsätze an der Hinterleibsspitze, suchen am Boden ihre Nahrung, indem sie Gliedertieren nachstellen. Manche Arten verzehren auch Samen und

andere Pflanzenteile. — *Calosoma sycophanta* L. Großer Puppenräuber (Fig. 169). Käfer und Larve erklettern Stämme, ihre Beute (Nonnen-, Eulen-, Spinnerraupen) verfolgend. — *C. inquisitor* L. in jungem Laubholz, verzehrt nackte Raupen. — *Carabus auratus* L. — *Harpalus* (*Pseudophonus*) *pubescens* Müll. Vernichtet Laub und Nadelholzsamen, beschädigt Keimlinge. — *Zabrus tenebrioides* Goeze (*gibbus* Fabr.) Getreidelaufkäfer.

Fam. *Dytiscidae*. Schwimmkäfer. Fühler nackt; Mundteile wie bei den Laufkäfern; Hinterbeine abgeplattet, mit starkem Borstenbesatz als Schwimm-

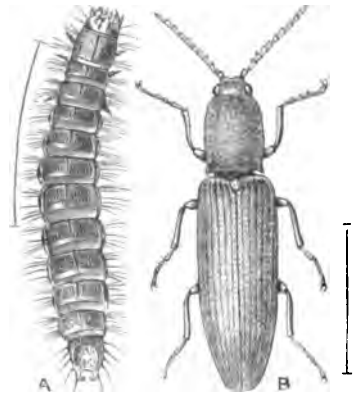



Fig. 173. Athous rhombeus. A Larve, B Weibchen (aus Sharp).

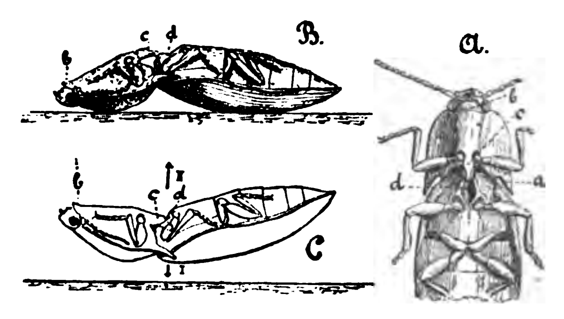



Fig. 174. Corymbites aeneus L. A. von der Bauchseite. B im Profil in der Stellung vor dem Sprunge, den Bruststachel am Rande; der Brustgrube angestemmt. C im Profil im Anfange des Sprunges. a Ecken des Halsschildes, b vordere Verlängerung der Vorderbrust, c Bruststachel, d Brustgrube. Pfeil I Richtung des Stoßes, Pfeil II Richtung des Rückstoßes (aus Nitsche).

füße; Körper breit und flach. Vordertarsus des Männchen zu einer mit Saugscheiben besetzten Platte umgestaltet, womit es sich während der Paarung am Weibchen festhält. Schwimmen unter gleichzeitiger Bewegung der Hinterbeine. Larven groß, Vorderkiefer in hohle Saugzangen verwandelt, Mundöffnung geschlossen; arge, auch der Fischbrut gefährliche Räuber. — *Dytiscus latissimus* L. Breitrand (Fig. 170).

2. Unterordn. Polyphaga. Queradern der Hinterflügel fehlen; Hoden aus Follikeln zusammengesetzt; Eiröhren telotroph; 6 oder 4 Malpighische Gefäße; Larven entweder beinlos oder mit Beinen, deren Tarsen 1 gliedrig, campodeaähnlich, von Engerlingsgestalt oder madenförmig. Ernährung sehr verschiedenartig.

§ 76. 1. Ueberfam. Staphylinoidea. Vordere Medialader der Hinterflügel an der Wurzel verkümmert. Fühler einfach oder mit vergrößerten, eine ungeblätterte Keule bildenden Endgliedern; Gliederzahl der Tarsen wechselnd; 4 Malpighische Gefäße; die Larven engerlings- oder madenförmig.

Fam. *Staphylinidae*. Kurzflügler. Körperform langgestreckt; Flügeldecken kurz, gewöhnlich nur 2 Hinterleibssegmente bedeckend; Unterflügel groß, unter den kurzen Decken verborgen; Larven campodeaähnlich. In beiden Zuständen vielfach flinke, auch holzbewohnenden Insekten nachstellende Räuber. —*Ocypus olens* Müll. Stinkraubkäfer (Fig. 171). — *Staphylinus caesareus* Ced. Stark gelb behaart.

Fam. *Silphidae*. Aaskäfer. Fühler keulenförmig, Flügeldecken den Hinterleib bald bedeckend, bald ein Pygidium freilassend. Die meisten nähren sich ebenso wie ihre Larven von faulenden Tierkörpern.

Aaskäfer. Körper niedergedrückt, Halsschild breit scheibenförmig. — *Dendroxena* (*Silpha*) *quadripunctata* Schreb. (Fig. 225). Decken lederfarben gelb, mit je 2 schwarzen Punkten. — *Phosphuga* (*Silpha*) *atrata* L. Verzehrt kleine Tiere, auch Pflanzenkost (Rüben).

Totengräber. Weniger niedergedrückt, schwarz oder schwarz mit roten

Binden, Fühlerkeulen schwarz oder rot. Vergraben Tierleichen. Larven an denselben. — *Necrophorus germanicus* L. Unterseits an der Brust meist von Käfermilben (*Gamasus fucorum* Geer) besetzt.

Fam. *Histeridae.* Stutzkäfer. Flügeldecken kurz, gestutzt. Manche Arten stellen Borkenkäfern in deren Gängen nach.

§ 77. 2. Ueberfam. Diversicornia. Hinterflügel mit verschieden entwickelter Medialader. Fühler einfach, gesägt oder gezähnt oder mit Keule. Tarsen 1—5 gliedrig; Larven campodeaähnlich, bisweilen beinlos, selten engerlingartig.

Fam. *Cantharidae* [*Malacodermata*]. Weichkäfer. Langgestreckte Käfer mit weicher, biegsamer Körperhaut. Fühler mannigfach ausgebildet, Tarsen 5 gliedrig; schützen sich durch Absonderung scharfer Säfte vor Feinden, die Larven sind Fleischfresser, die Käfer nagen vielfach am Laub. — *Lampyris noctiluca* L. Glühwürmchen (Fig. 26). Weibchen ungeflügelt, auch die Larve mit Leuchtorgan an der Unterseite der letzten

Fig. 175. Elateridenlarven. a Lacon murinus vom Rücken, b Agriotes lineatus von der Seite (aus Nitsche).

Fig. 176. Buprestidenlarven. A Chrysobothrys, a von oben, b von der Seite. B Agrilus (aus Nitsche).



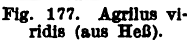


Fig. 177. Agrilus viridis (aus Heß).

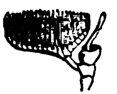


Fig. 178. Mittelkiefertaster mit Quastenanhang von Hylecoetus dermestoides (aus Nitsche).

Hinterleibsegmente. — *Cantharis* (*Telephorus*) *fusca* L. Schwarzer Weichkäfer. Dieser und andere nagen an jungen Trieben von Eichen, Kiefern.

Fam. *Cleridae.* Buntkäfer. Vorderbrust von Kopf und Mittelbrust stark eingschnürt abgesetzt. Fühler meistens gekeult; 2.—4. Tarsenglied zu Haftlappen verlängert; Käfer bunt gezeichnet. Stellen nebst ihren roten Larven den holzbewohnenden Insekten nach. — *Thanasimus* (*Clerus*) *formicarius* L. Ameisenartiger Buntkäfer. Vgl. Bd. II, S. 226 und Taf. 1, Fig. 4.

Fam. *Nitidulidae.* Glanzkäfer. Zahlreiche kleine Arten. — *Meligethes aeneus* F. Rapsglanzkäfer. Als Zerstörer von Rapsblüten schädlich. — *Rhizophagus depressus* F. In Gängen von Borkenkäfern, diesen und ihren Larven nachstellend.

Fam. *Elateridae.* Schnellkäfer (Fig. 174). Kopf oft in das Halsschild eingezogen, vorgestreckt oder etwas geneigt, Fühler gesägt bis gekämmt, Mundteile wohl entwickelt; Hinterecken des Halsschildes spitz ausgezogen. Prothorax gegen die Mittelbrust sehr frei beweglich und in einen nach hinten gerichteten Stachel verlängert, der in einer entsprechenden Vertiefung der Mittelbrust ruht, eine Vorrichtung, die der Käfer benutzt, um sich aus der Rückenlage in die Höhe zu schnellen. Bei Gefahr läßt er sich fallen und stellt sich tot, um später unter Rückwärtskrümmung des Prothorax die Spitze des Stachels gegen den Vorderrand der Grube zu stemmen und ihn dann in die Grube einschnappen zu lassen; wegen des nicht in der Mitte gelegenen Angriffspunktes der Kraft und der ungleichmäßig verteilten Last überschlägt sich das Tier und kommt auf die Beine zu stehen. Die gestreckten Larven sind gelb gefärbt, besitzen eine glatte, sehr feste Haut und werden deshalb „Drahtwürmer" genannt. Sie sind im allgemeinen walzenrund oder flach zylindrisch. Der Kopf ist abgeplattet, die Beine sind kurz, eine zapfenartige Afterröhre liegt an der

Unterseite des letzten Segmentes. Dieses ist nach hinten verjüngt und entweder zangenartig ausgeschnitten gewölbt, auch eingedrückt, gezahnt bei etwas flachem Körper, oder drehrund mit kegelförmig zugespitztem Afterringe (Fig. 175). Die Käfer sind Pflanzenfresser; sie benagen junge Triebe von Laub- und Nadelhölzern; die in der Erde lebenden Larven sind als Allesfresser den Samen und Keimlingen von Kulturpflanzen schädlich; man findet Drahtwürmer auch in morschem Holz. — *Corymbites aeneus* L. Erzschnellkäfer.

Fam. *Buprestidae.* Prachtkäfer. Chitinpanzer meist hart, metallglänzend, bunt oder schwarz; Rückenseite flacher als die Bauchseite; Kopf senkrecht, bis zu den Augen in das Halsschild eingezogen; Fühler innen gesägt; Mundteile kurz, öfters etwas verkümmert, Hinterecken des Halsschildes nicht verlängert; ein kurzer Bruststachel ist unbeweglich. Larven weißlich, weich, ohne Augen und Beine, Kopf teilweise in die Vorderbrust eingezogen; diese verbreitert und flach, oberseits stark chitinisiert; häufig bildet der Prothorax eine große Scheibe, an welcher der übrige Körper mehr oder minder schwanzartig ansitzt; das letzte Hinterleibsglied ist entweder abgerundet (Fig. 176) oder bei weniger star-



Fig. 179. Larve von Hylecoetus dermestoides (aus Nitsche).

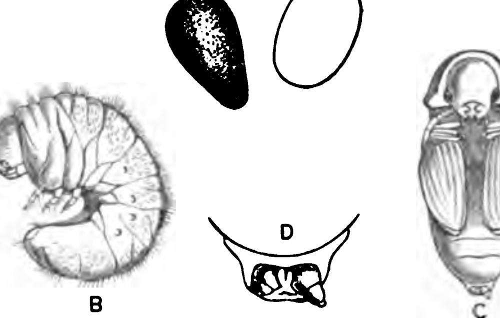



Fig. 180. Entwicklungsstufen von Anobium. A Eier, B Larve, C Puppe, D unsymmetrische Fortsätze an deren Hinterleibsende (aus Sharp).

ker Thoraxverbreiterung in zwei starke Spitzen ausgezogen. Die schönen Käfer sitzen im heißen Sonnenschein auf Stubben und Blüten, deren Pollen sie fressen; die Larven nagen zwischen Holz und Rinde mehr oder weniger tief eingreifende, aber scharf geschnittene geschlängelte Gänge und verpuppen sich in einer meist im Holz gelegenen elliptischen Kammer (Puppenwiege); aus dieser nagt sich die Imago durch ein Flugloch hervor, das in seiner Form und Weite dem Querschnitt des Körpers genau angepaßt ist. — *Agrilus viridis* L. Buchenprachtkäfer (Fig. 177). Vgl. Bd. II, S. 260. — *Coraebus fasciatus* Villers in Eichheistern, *Anthaxia quadripunctata* L. in Kiefernzweigen.

Fam. *Lymexylonidae.* Werftkäfer. Langgestreckte, weichhäutige Käfer mit kurzen, gesägten Fühlern; Männchen bisweilen mit großem büschelförmigem Anhange am Mittelkiefertaster (Fig. 178). Larven langgestreckt, mit kapuzenähnlich vorragender Vorderbrust und kurzen Beinen, entwickeln sich in totem Holze (Fig. 179). — *Hylecoetes dermestoides* L. Larvengänge stets bohrmehlfrei, unter Rinde oder tief radiär im Holze. Eichen- und Buchenstöcke und Stammholz.

Fam. *Anobiidae.* Nagekäfer. Kleine, dunkle Käfer; Kopf vom Halsschild überdeckt; Larven weißlich, dick, bauchwärts eingekrümmt, mit Querwülsten auf dem Rücken und kurzen Füßen (Fig. 180). Die meisten bewohnen in allen Stadien trockene Pflanzenteile, wo Larven und Käfer Gänge nagen; Fluglöcher klein, kreisrund; manche auch in noch frischen Zapfen oder Trieben; überrascht stellen sich die Käfer tot. — *Anobium domesticum* Fourc., *A. pertinax* L. In verarbeitetem oder lagerndem Holz. — *A. rufovillosum* de Geer (Fig. 181) — *Ptilinus pectinicornis* L.

Anbrüchige Stellen, Eiche, Buche; — *Ernobius abietis* F. In Fichtenzapfen. — *E. nigrinum* Sturm. In Maitrieben, Kiefer.

Fam. *Ligniperdidae* [*Bostrychidae*][1]), Bohrkäfer. Erstes Glied der 5gliedrigen Tarsen sehr klein; Vorderhüften groß; Flügeldecken hinten meist mit zähnetragendem Absturze (vgl. S. 624); Larven denen der Nagekäfer ähnlich, entwickeln sich im Holze. — *Bostrichus* (*Apate*) *capucina* L. (Fig. 182).

Fam. *Dermestidae*. Speckkäfer. Kleine zylindrische oder ovale Käfer. Kopf gesenkt, meist mit einem Punktauge auf der Stirn; Fühler kurz, mit breiter Keule, in einer Vertiefung an der Unterseite zu verbergen, desgleichen die Oberschenkel der Hinterbeine in einer Rinne der Hinterhüften. Larven flinklaufend, campodeaähnlich, mit Haarbüscheln am Hinterleibe, die fächerartig gespreizt werden können. Leben von trocknen pflanzlichen und tierischen Stoffen. — *Dermestes lardarius* L. Speckkäfer (Fig. 183). *Anthrenus museorum* L. Kabinettkäfer. Zerstörer von Insektensammlungen.

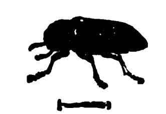


Fig. 181. Anobium rufovillosum (aus Henschel).

Fam. *Hydrophilidae*. Wasserkäfer. Bewegen beim Schwimmen die Beine abwechselnd. — *Hydrous piceus* L. Pflanzenfresser. Eier in birnförmigem Cocon an Wasserpflanzen. Larve lebt räuberisch.

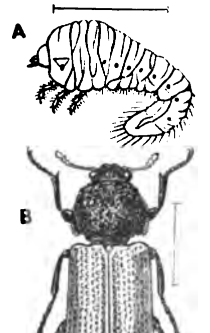



Fig. 182. Apate capucina. A Larve. B Imago (aus Sharp).



Fig. 183. Dermestes lardarius 4/1 (aus Leunis).



Fig. 184. Coccinella-Larve 4/1 (aus Hayek).

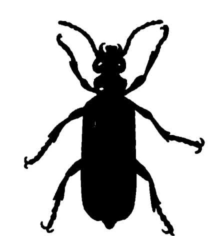


Fig. 185. Lytta vesicatoria (aus Heß). 1/1.

Fam. *Coccinellidae*. Marienkäfer. Körper halbkugelig; Kopf großenteils vom Prothorax überdeckt; Tarsen 4gliedrig, aber das winzige dritte Glied in einer Rinne des 2. versteckt. Bei Berührung lassen die Käfer an den Gelenkhäuten der Beine gelben Saft austreten, der ätzend wirkt. Larven bunt, kräftig, mit Warzen und Stacheln besetzt, mit kräftigen Beinen; wie die Käfer auf Pflanzen, verzehren Blattläuse und Milben (Fig. 184). — *Coccinella septempunctata* L. — *Anatis ocellata* L. Fichten-Marienkäfer.

§ 78. 3. Ueberfam. Heteromera mit rücklaufendem Ast an der Medialader des Hinterflügels. Fühler meist einfach, Tarsen heteromer; fast immer 6 Malpighische Gefäße; Larven meist mit kurzen Beinen.

Fam. *Meloidae*. Oelkäfer. Weichhäutig, mit senkrechtem, hinter den Augen erweitertem und dann plötzlich halsähnlich verengtem Kopfe; Halsschild schmäler als die Flügeldecken; Hüften zapfenartig vorstehend; aus den Beingelenken tritt bei Berührung ein scharfer ölartiger Saft hervor, der auf der menschlichen Haut Blasen zieht. Käfer fressen Blätter; Larvenentwicklung eine Hypermetamorphose: 1. Stadium campodeaähnlich, entschlüpft den im Boden abgelegten Eiern

1) Die heutige Systematik bezeichnet disse den Anobien nahestehende Familie als Bostrychiden, während die Borkenkäfer Ipidae sind.

und besteigt Blüten, von wo sich die Larven durch Bienen in deren Erdnester tragen lassen; daselbst leben sie von Eiern und Brut ihrer Wirte und verwandeln sich durch mehrere Häutungen in blinde, engerlingähnliche Tiere, die vom Honig leben; mit der 5. Häutung werden sie zu einer braunen Tönnchenpuppe; diese überwintert, woraus im Frühling wieder die engerlingsähnliche Larve entsteht; erst die 7. Häutung führt zur normalen Pupa libera, aus der die Imago kommt. — *Lytta vesicatoria* L. Spanische Fliege (Fig. 185). Tritt stets in großen Familien auf, welche

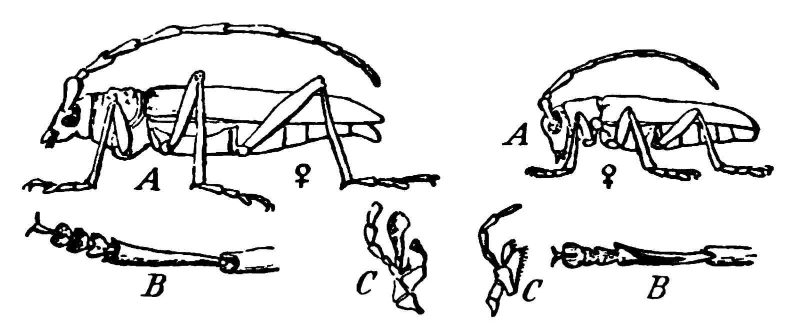



Fig. 186. Links Cerambyx cerdo, rechts Saperda carcharias. A Käfer in natürlicher Größe im Profil. B Innenseite des linken Vorderbeines, um die Sohlenbildung und bei Saperda die Furche der Schiene zu zeigen. C rechter Kiefer des zweiten Paares mit Taster, von unten (aus Nitsche).

Kahlfraß an Zweigen verschiedener Laubhölzer (Esche, Ahorn, Vogelbeere) verursachen. — *Meloë proscarabaeus* L. Oelkäfer. Blau, Abdomen angeschwollen, kriecht träge im Grase.

Fam. *Tenebrionidae*, Düstere schwarze Käfer. Hinterflügel häufig verkümmert. — *Tenebrio molitor* L. Mehlkäfer. Larve, Mehlwurm, in Mehlspeichern schädlich, wird als Vogelfutter gezüchtet. — *Opatrum tibiale* F. Auf Sandgebiet, in Kiefernkulturen.

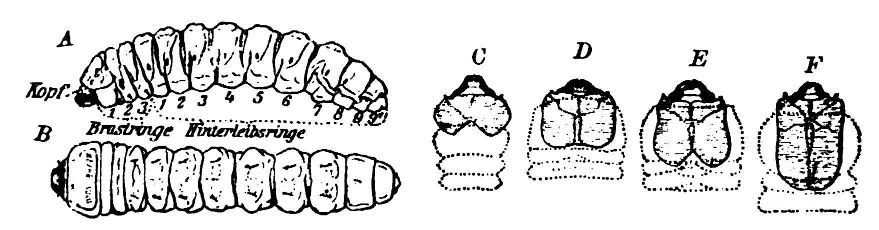



Fig. 187. A und B Larve von Cerambyx cerdo in ⅔ natürlicher Größe von der Seite und von oben. Bei A Füße und Stigmata erkennbar. C—F, schematische Darstellungen der Kopfkapsel und deren Verhältnis zu den punktiert angedeuteten Brustringen. C von Rhagium inquisitor, D von Cerambyx cerdo, E von Prionus coriarius, F von Saperda carcharias. Diese Schemata sind, ohne Rücksicht auf das natürliche Größenverhältnis der einzelnen Larven, so gezeichnet, daß alle Kopfkapseln die gleiche Breite haben (aus Nitsche).

§ 79. 4. Ueberfam. Phytophaga. Hinterflügel mit rücklaufendem Ast der Media. Fühler meist einfach; Tarsen krytopentamer mit breiter Sohle der ersten 3 Glieder; 6 Malpighische Gefäße. Larven mit ausgebildeten bis stummeligen Beinen oder fußlos.

Fam. *Cerambycidae*. Bockkäfer (Fig. 186). Kopf geneigt; Fühler in einer Ausrandung der Augen eingefügt, meist länger als der halbe Körper oder viel länger als der ganze, fadenförmig, mit großem 1. und sehr kleinem 2. Gliede; Kiefer stark; Beine lang und schlank, Schenkel häufig keulig verdickt, Fußsohle deutlich behaart. Zirpen durch Reiben des Prothorax an einem im Rücken gelegenen Fortsatz des Mesothorax. Larven (Fig. 187), da verborgen lebend, weißlich, mit

brauner Kopfkapsel, woran starke Mundteile und deutliche Labialtaster (Gegensatz zu den ähnlichen Prachtkäferlarven); auf der Kopfkapsel durch eine Gabellinie ein vorderes dreieckiges Mittelstück und zwei hintere Seitenstücke gesondert; Vorderbrust am größten, kragenartig den Kopf umfassend; 2. und 3. Brustring und die Hinterleibsringe oben und unten mit je einer breiten rauhen Scheibe, die zur Bewegung dient; Stigmata oval (bei den Buprestiden halbmondförmig!); Beine sehr klein bis fehlend. Käfer auf Blüten, Blättern und an Baumsäften; Larven selten nach Engerlingsart im Boden an Wurzeln (*Dorcadion*), meistens im Innern von Holzgewächsen, lange geschlängelte, mit Nagemehl vollgestopfte Gänge fressend, verpuppen sich in einer hakenförmigen Puppenwiege, die von der Oberfläche her ins Holz geht (*Tetropium luridum*) oder in einer mit Nagespänen kranzähnlich umgebenen Wiege von ovaler Form, dicht unter der Rinde (*Lepturini*). Die Käfer nagen ein mehr oder weniger ovales Flugloch nach außen durch. Bisweilen entstehen durch den Larvenfraß gallenartige Anschwellungen des Holzkörpers. Einige üben Brutpflege aus, z. B. der Aspenbock (*Saperda populnea* L.), indem das ♀ für jedes abzulegende Ei durch hufeisenförmigen Schnitt ein Rindenstückchen als Klappe ablöst, dieses wird hierdurch saftärmer und liefert der auskommenden jungen Larve die erste geeignete Nahrung.

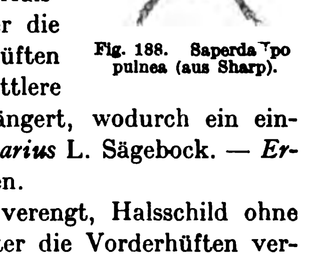


Fig. 188. Saperda populnea (aus Sharp).

I. Unterfam. *Cerambycinae* (Fig. 186 links). Kopf schräg nach vorn geneigt; Endglied der Unterkiefertaster abgenutzt; Innenseite der Vorderschienen ohne Furche. Die aus dem Prothorax gelöste Kopfkapsel der Larven (Fig. 187 A—E) ist breiter als lang; die Brustfüße der Larve sind deutlich.

1. Tribus. *Prionini.* Kopf hinten nicht verengt, Halsschild mit scharfen Seitenrändern, Vorderbrust bis hinter die Vorderhüften als breiter Fortsatz verlängert, Vorderhüften quer. Larven: Seitenstücke der Kopfkapsel über die mittlere Berührungslinie hinaus jedes für sich nach hinten verlängert, wodurch ein einspringender Winkel entsteht (Fig. 187 E). — *Prionus coriarius* L. Sägebock. — *Ergates faber* L. Larven beider in anbrüchigem Holz, Stubben.

2. Tribus. *Cerambycini.* Kopf hinten nicht verengt, Halsschild ohne scharfe Seitenränder, Vorderbrust nicht als Fortsatz hinter die Vorderhüften verlängert, diese meist kugelig. Larven: Seitenstücke der Kopfkapsel hinten nicht über die Berührungslinie hinaus verlängert (Fig. 187 D). — *Cerambyx cerdo* L. Larve macht große weite Gänge im Holz alter Eichen. — *Criocephalus rusticus* L., *Asemum striatum* L. Beide in Kiefernstubben. Gänge mit Bohrmehl fest verstopft. — *Tetropium luridum* L. Fichtenbock. — *Callidium violaceum* L. Auf Holzstapelplätzen, in Magazinen für Holzwaren. — *Hylotrupes bajulus* L. In Kieferndachbalken. Generation mindestens vierjährig. — *Aromia moschata* L. Moschusbock. In alten Weiden. — *Spondylis buprestoides* L. Larve in Kiefernstubben.

3. Tribus. *Lepturini.* Kopf hinten halsartig verengt, Halsschild ohne scharfe Seitenränder, Vorderbrust wie bei den *Cerambycini.* Vorderhüften zapfenförmig vorragend. Larven: Kopfkapsel nur wenig vom 1. Brustringe eingeschlossen, ihre Seitenstücke berühren sich nur in einem Punkte an der Spitze des Mittelstücks (Fig. 187 C). — *Rhagium inquisitor* L.

II. Unterfam. *Lamiinae* (Fig. 186 rechts). Kopf vorn senkrecht abfallend, Endglied der Unterkiefertaster zugespitzt, Innenseite der Vorderschienen mit Furche. Kopf der Larven (Fig. 187 F) viel länger als breit, ihre Beine verkümmert. — *Acanthocinus* (*Astynomus*) *aedilis* L. Larve ein Begleiter des *Hylesinus piniperda* unter

Kiefernrinde. — *Pogonochaerus fascicularis* Degeer. Brütet in Kiefernzweigen. — *Saperda carcharias* L. Großer Pappelbock. — *Saperda populnea* L. Aspenbock. (Fig. 188). — *Oberea oculata* L. Weidenbock. — *Oberea linearis* L. Haselböckchen.

Fam. *Chrysomelidae.* Blattkäfer. Kleinere, gedrungene bis halbkuglige Käfer mit runden Augen und fadenförmigen, mäßig langen Fühlern; Färbung bunt, häufig lebhaft, metallisch glänzend; Eier oft gelb, gewöhnlich an Blätter abgelegt. Abweichende Eiablage ist von dem Schneeball-Blattkäfer (*Galerucella viburni* Payk.) bekannt, der seine Eier im Herbst zu 4—12 Stück in eigens dazu an den jungen Trieben bis auf das Mark genagte und mit Nagespänen verklebte Löcher unterbringt, wo sie überwintern. Larven freilebend, scharf gezeichnet, schwarz oder buntfleckig, von walziger, vorn und hinten verschmälerter Form, tragen oft Warzen und Dornen; Beine kurz, aber vollständig ausgebildet. Die Puppen hängen teils mit der Hinterleibsspitze an einem Blatte oder liegen auf und in der Erde. Die Generation ist einfach auch doppelt und dreifach. Meist überwintert die Imago. Käfer und Larven leben von Blättern; letztere skelettieren meistens (*Haltica*) oder fertigen ein sackförmiges Gehäuse aus Kot (*Cryptocephalus*). — Die systematische Einteilung gründet sich zunächst auf die Stellung des Kopfes, der bei den drei ersten Unterfamilien nach vorn geneigt oder senkrecht getragen wird, so daß die Mundteile die gewöhnliche Haltung zeigen, während in der vierten die Stirn plötzlich nach unten und hinten gebogen ist, so daß auch die Kiefer nach hinten gedrängt erscheinen.

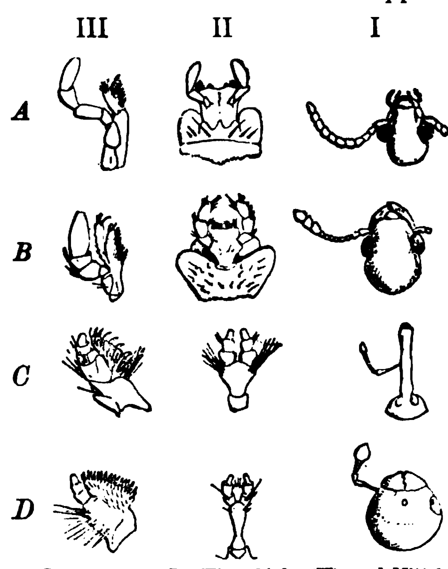



Fig. 189. Köpfe (I), Hinterkiefer (II), und Mittelkieferhälfte (III) von verschiedenen Rhynchophoren. A Bruchus atomarius. B Brachytarsus varius. C Pissodes pini. D Ips typographus (aus Nitsche).

I. Unterfam. *Eupodinae.* Prothorax ohne scharfe Seitenränder, schmäler als die Basis der Flügeldecken, daher der Körperumriß länglich; Kopf hinter den Augen eingeschnürt. — *Donacia.* Rohrkäfer. Bockkäferähnlich, Larven leben unter Wasser, an Pflanzen fressend. *Crioceris asparagi* L. Spargelhähnchen. Larven bedecken sich mit ihren eigenen schmierigen Exkrementen.

II. Unterfam. *Camptosomatinae.* Körper kurz, drehrund, Kopf nicht halsartig eingeschnürt, Halsschild mit scharfen Seitenrändern, 4. Ventralsternit des Hinterleibes kaum sichtbar, das 5. sehr groß; die Larven verbergen das eingekrümmte Abdomen in einem aus ihrem Kote gebauten und mitgeschleppten Gehäuse. — *Cryptocephalus pini* L. gelber Kiefernblattkäfer.

III. Unterfam. *Cyclicinae.* Kopf, Halsschild und Flügeldecken bilden die Wölbung einer etwas langgezogenen, plankonvexen Linse; Halsschild so breit wie die Basis der Flügeldecken; 4. und 5. Ventralsternit gleichlang; die lebhaft gefärbten Larven gewöhnlich freilebend, selten Blattminierer.

1. Tribus. *Chrysomelini.* Körper mehr oder weniger halbkugelförmig; Fühler an der Basis weit auseinanderstehend. — *Melasoma populi* L. und *Melasoma tremulae* F. Rote Weidenblattkäfer. — *Phytodectes viminalis* L., *Ph. vulgatissima* L., *Ph. vitellinae* L. Grün bis blauerzfarbene Weidenblattkäfer. Die gelben Eier auf

Blättern, die schwarzen Larven an Blättern, die Käfer an diesen und jungen Trieben fressend, wenn massenhaft auftretend, sehr schädlich. — *Melasoma aenea* L. Erle.

2. Tribus. *Galerucini.* Fühler an der Basis einander genähert, Hinterschenkel nicht verdickt. — *Luperus pinicola* Suffr. Schwarz; an Kiefer. — *Agelastica alni* L. Erzfarben; an Erle. — *Lochmaea capreae* L. Sahlweidenblattkäfer.

3. Tribus. *Halticini.* Fühler an der Basis genähert, Hinterschenkel verdickt. Springbeine. — *Haltica erucae* Ol. Eichenerdfloh blau. Larve und Käfer skelettieren die Blätter. — *H. oleracea.* Kohlerdfloh.

IV. Unterfam. *Cryptostomatinae.* Fühler dicht bei einander und ganz vorn am Kopfe eingefügt, so daß sie noch vor den Mundteilen stehen. — *Cassida nebulosa* L. Grauer Schildkäfer.

§ 80. 5. Ueberfam. Rhynchophora. Unterflügel ohne Querader. Kopf meist rüsselförmig verlängert; alle Nähte des Kopfes und der Vorderbrust verwachsen; Fühler grade oder gekniet bei schaftförmiger Verlängerung des ersten Gliedes und dann meist mit Keule am Ende der Geißel; Tarsen kryptopentamer; 6 Malpighische Gefäße. Larven madenförmig: weißlich, blind, bauchwärts eingekrümmt, mit Fußstummeln oder fußlos.

Fam. *Bruchidae.* Samenkäfer (Fig. 189). Kopf nach unten gerichtet und etwas zugespitzt; Oberlippe und beide Kauladen der Mittelkiefer vorhanden; Taster fadenartig und beweglich; Augen vorn ausgerandet, Fühler vor oder unter ihnen halbverdeckt eingefügt, ungeknickt, fadenförmig, nach dem Ende zu kaum verdickt. Hinterschenkel mehr oder weniger verdickt. Larven vor der 1. Häutung mit kurzen Beinen, die dann verloren gehen; Entwicklung in Samen, vornehmlich von Leguminosen, aus denen sich die Imago herausfrißt. — *Bruchus villosus* F.

Fam. *Anthribidae.* Breitrüßler. Kopf grade nach vorn gerichtet mit abgeplattetem Rüssel von verschiedener Länge; Oberlippe und beide Kauladen des Mittelkiefers vorhanden, Kieferntaster fadenförmig und beweglich; Fühler entfernt von den Augen vor ihnen eingelenkt, nicht geknickt, nach dem Ende zu verdickt. Zweites Tarsenglied so tief eingeschnitten, daß es das dritte völlig einschließt; Hinterleib mit Pygidium. Larven bald mit, bald ohne Beine, leben in faulem Holze, Pilzen und schmarotzend in anderen Insekten. — *Brachytarsus varius* F. Larve unter dem Schild der Fichtenschildlaus (*Lecanium hemicryphum* Dalm.), diese und die Eier verzehrend.

Fam. *Apionidae.* Spitzmäuschen. Grünlich oder bläulichschwarze Käfer; Rüssel sehr lang, bogenförmig und dünn; Fühler ungekniet. Käfer nagen an allerlei Pflanzen, Larven in Fruchtknoten oder Stengeln. — *Apion pomonae* F. Obstspitzmäuschen. An Obstbäumen, Schmetterlingsblüten, auch an jungen Buchen.

Fam. *Rhynchitidae* [*Attelabidae*]. Blattroller. Blauschwarze, auch rot oder grün metallisch glänzende Käfer. Rüssel dick, grade; Fühler ungekniet; mit Endkeule. Brutpflege allgemein durch geeignete Behandlung der künftigen Larvennahrung, wie Anschneiden von Blatt- und Fruchtstielen, um diese vorzeitig reif oder welk werden zu lassen oder durch Herstellung kunstvoller Blattröllchen. Puppe meist frei im Boden, selten in der Blattrolle. — *Apoderus coryli* L. Haselblattroller (Fig. 190). Kopf hinten halsartig verengt; rot. Die eine Blatthälfte und Mittelrippe wird durchgeschnitten. Hasel. Puppe im Blattwinkel. — *Attelabus* (*curculionoides* L.) *nitens* Scop. Eiche. Beide Blatthälften werden durchschnitten, Mittelrippe bildet eine Basiskante der Rolle — *Rhynchites betulae* L. Schwarz, Birke.



Fig. 190. Apoderus coryli (aus Henschel).

Beide Blatthälften werden S-förmig durchschnitten. — *Rh. betuleti* F. Rebstecher. Ein oder mehrere Blattstiele werden halb durchnagt; der Wickel besteht aus mehreren Blättern, Buche, Weinrebe. Ebenso *Rh. populi* L. an Esche.

Fam. *Curculionidae.* Kopf stets in einen kräftigen Rüssel von wechselnder Länge und Krümmung verlängert; Oberlippe fehlt, Kiefertaster kurz kegelförmig, starr. Mittelkiefer mit nur einer Kaulade; Fühler gekniet, in Schaft und Geißel mit gegliederter Endkeule zerfallend (Fig. 191); Beinschienen mehrkantig bis drehrund; Fußglieder breit, unterseits bürstenartig. Larven fast ausnahmslos ohne Ocellen, fußlos; verzehren Pflanzenstoffe. Eier mit wenigen Ausnahmen (*Scythropus* Schönh.) vom ♀ in ein mit dem Rüssel genagtes Loch der Nährpflanze oder in den Boden abgelegt.



Fig. 191. Kopf eines Rüsselkäfers, schematisch. au Netzauge, a Fühler, k Vorderkiefer. B Vorderbrust (aus Kolbe).

a) *Curculionidae adelognathae.* Kurzrüßler. Mittelkiefer vom Kinn verdeckt, Rüssel kurz und breit, Fühlerfurche nach vorn bis zur Einlenkung der Vorderkiefer verlängert.

Unterfam. *Otiorrhynchinae.* Kopf bis beinahe an die Augen in den Prothorax versenkt, dieser kugelig oder kurz eiförmig; Schildchen fehlt; Flügeldecken an der Naht verwachsen, ohne vorstehende Schulterecken; Flügel fehlen. Larven im Boden an Pflanzenwurzeln, Käfer befressen Rinde und Blattorgane jüngerer Laub- und Nadelbäume. — *Otiorrhynchus.* Schwarze Käfer. Beine oft rötlich. — *O. niger* F., *O. ovatus* L. An Nadeln und Rinde junger Fichten und Lärchen. Larve an den Wurzeln derselben. — *O. singularis* L. An Maitrieben der Tanne. — *Cneorrhinus plagiatus* Schall. Grau hell und dunkel gefeldert. Nadeln junger Kiefern, bes. auf Dünenkulturen. — *Brachyderes incanus* L. Braun gestreckt. Kiefernnadeln werden am Rand bogig befressen. Harzaustritt. Larven an deren Wurzeln. *Strophosomus coryli* F. Grau, Flügelnaht in der Vorderhälfte schwarz. An Rinde und Knospen junger Eichen, Fichten. — *St. obesus* Marsh. Flügelnaht nicht schwarz. An Knospen der Eiche und Nadeln der Kiefer. — *Barypithes araneiformis* Schall. Laubholzknospen, Weidenstockausschlag werden befressen.


Fig. 192. Kopf von Otiorrhynchus (aus Henschel).

Unterfam. *Phyllobiinae.* Kopf hinter den Augen verlängert (Fig. 192); Prothorax fast zylindrisch, kaum in der Mitte aufgetrieben; Schildchen vorhanden; Flügeldecken getrennt, mit vorstehenden Schulterecken und parallelen Außenrändern; Flügel vorhanden. Lebensweise wie bei den *Otiorrhynchini.* — *Sitona griseus* F. Verzehrt die Blätter von Lupinen und Akaziensaaten. — *Metallites atomarius* Ol., *M. mollis* Germ. An Fichtennadeln, letzterer auch an Kiefern. — *Phyllobius argentatus* L. Birke.

b) *Curculionidae phanerognathae.* Langrüßler. Mittelkiefer freiliegend, Rüssel meist lang und drehrund, Fühler sitzen in der Mitte des Rüssels; Fühlerfurche gewöhnlich nicht nach vorn verlängert.

Unterfam. *Hylobiinae.* Rüssel ziemlich dick, wenig gebogen. Fühler nahe der Rüsselspitze eingelenkt. Augen quergestellt; Pygidium von den Flügeln bedeckt; an der Spitze der Schienen ein starker Haken. Larven entwickeln sich in absterbenden Wurzeln und Stöcken von Nadelhölzern, die Käfer fressen Löcher in die Rinde junger Koniferen. — *Hylobius abietis* L. Großer brauner Rüsselkäfer (Fig. 193). Halsschild längsrissig gerunzelt. Vgl. Bd. II, S. 239. — *H. pinastri* Gyll. Halsschild nicht gerunzelt. — *Cleonus turbatus* Fahrs. Großer weißer Rüsselkäfer.

Unterfam. *Cryptorhynchinae*. Rüssel in eine Furche der Mittelbrust einschlagbar, Vorderschenkel verlängert. — *Cryptorhynchus lapathi* L. Erlenrüsselkäfer. Schwarz, das hintere Drittel der Decken weiß oder rötlichweiß beschuppt, benagt Weidenruten und junge Erlen. Larve an Weide und Erle einen einige cm langen Gang nach oben fressend, in Erle vorher unter der Rinde plätzend.

Unterfam. *Pissodinae*. Fühler kurz vor oder hinter der Rüsselmitte eingelenkt; Rüssel nicht einschlagbar. Langlebige Käfer, die mehrmals überwintern, im ganzen Sommer Eier legen. Alle Entwicklungsstadien können gleichzeitig auftreten. Larven zwischen Rinde und Holz von Nadelhölzern lange geschlängelte Gänge fressend, die in einer mit Nagespänen ausgepolsterten Puppenwiege unter der Rinde oder auch im Holze enden, oder in Zapfen; Flugloch kreisrund. — *Pissodes notatus* F. Kiefernjungholzrüsselkäfer. Befällt nur durch Schütte, Wildverbiß angegriffene Kulturen. — *P. piniphilus* Hbst. Kiefernstangenrüsselkäfer. — *P. pini*

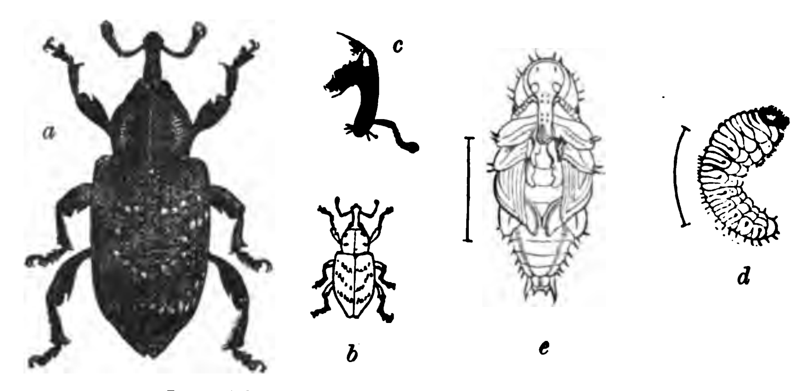



Fig. 193. Hylobius abietis. a Imago, b in natürlicher Größe, c Kopf von der Seite, d Larve, e Puppe (aus Taschenberg).

L. Kiefernaltholzrüsselkäfer. — *P. validirostris* Gyll. Kiefernzapfenrüsselkäfer. — *P. harzyniae* Hbst. Gr. Fichten- oder Harzrüsselkäfer. — *P. scabricollis* Mill. Kleiner Fichtenrüsselkäfer. — *P. piceae* Ill. Tannenrüsselkäfer. (Vgl. Band II, S. 242.)

Unterfam. *Balaninae*. Nußstecher. Rüssel sehr lang und dünn, beim ♀ länger, Augen nicht vorstehend; Halsschild vorn nicht verengt. Eier an halbreife Früchte und Eichengallen abgelegt; die erwachsene Larve frißt sich aus der vorzeitig abgefallenen Frucht heraus, verpuppt sich im Boden in einer kleinen Höhle und überwintert dort. — *Balaninus nucum* L. Haselnußbohrer. — *B. glandium* Marsh. *B. tesselatum* Fourc. An Eiche und Hasel. — *B. villosus* F. In Gallen von Teras terminalis.

Unterfam. *Orchestinae*. Springrüßler. Rüssel dünn, gegen die Brust eingebogen, ziemlich grade; Fühler mit wenig verlängertem Schafte; Hinterbeine mit stark verdickten Schenkeln zum Springen. Larven minieren in Laubblättern, wo sie sich auch verpuppen. — *Orchestes fagi* L. Buchenspringrüßler. Eiablage auf der Unterseite eines Buchenblattes. Mine erst gangförmig, dann zum Platz erweitert; Puppe in blasiger Auftreibung der braunen Mine. Vgl. Bd. II, S. 260. — *Orchestes quercus* L. Eiablage auf der Mittelrippe eines Eichenblattes. Minenplatz stets an der Blattspitze.

Unterfam. *Cioninae*. Blattschaber. Fühler vor der Mitte des Rüssels eingelenkt, mit 5gliedriger Geißel. Larven in klebriger Schleimhülle auf Blättern, wo auch meistens der aus Schleim gefertigte Cocon. — *Cionus fraxini* (de Geer). Eschenblattschaber.

Unterfam. *Anthonominae.* Blütenstecher. Rüssel dünn, fadenförmig, wenig gebogen; Augen kreisrund, vorstehend, vom Halsschild entfernt; Vorderbeine länger als die andern; Schildchen groß, gewölbt. Larven in Blütenknospen von Obstbäumen, sowie in Triebknospen und Nadeln von Kiefern. — *Anthonomus varians* Payk. Kiefernknospenstecher (Rußland). — *Anthonomus pomorum.* Apfelblütenstecher.

Unterfam. *Magdalinae.* Blaurüßler. Fühler wenig gekniet; Hinterecken des Halsschildes nach unten spitz ausgezogen, die Basis von den Flügeldecken überdeckt, diese an der Spitze einzeln abgerundet. Larven fressen gewundene Gänge zwischen Rinde und Holz oder in der Markröhre von Laub- und Nadelbäumen. — *Magdalis violacea* L. Larve an Fichte unter der Rinde schwacher Stämmchen. Käferfraß an Birkenlaub. — *M. frontalis* Gyll. Larve in trockenen Kiefernzweigen. Käfer nagt an jungen Kieferntrieben. — *M. duplicata* Germ. Larve in der Markröhre von Kiefernzweigen.

Fam. *Cossonidae.* Die geknieten Fühler mit ungegliederter Keule; Rüssel sehr kurz, nach unten gerichtet mit Kaumagen. Die Weibchen bohren sich zur Eiablage in das Innere absterbender oder toter Bäume ein, und legen zusammen mit den Larven kreuz- und quer verlaufende Gänge an. — *Cossonus parallelepipedus* Hbst. In vergrabenem Holz. — *Rhyncolus culinaris* Germ. In verbautem Grubenholz.

4. Fam. *Ipidae* [*Scolytidae*, *Bostrychidae*], Borkenkäfer (Fig. 196—203)[1]. Kopf schmäler als das Halsschild; Augen flach; Oberlippe undeutlich, weil unter das Kopfschild zurückgezogen. Rüssel undeutlich, ganz kurz und breit; Fühler kurz, gebrochen, mit geringelter, stark verbreiterter Keule (Fig. 200); Schienen nach unten verbreitert, abgeplattet, außen häufig gezähnelt, am äußeren Ende in einen Haken verlängert (Fig. 196); Fußglieder drehrund, ohne Sohlenbildung, das 1. kürzer als die übrigen zusammen. Flügeldecken an den Seiten herunter gezogen, hinten dem Abdomen nur aufliegend (Eccoptogaster) oder über dessen Ende als Absturz heruntergezogen. Der Absturz ist entweder gerundet oder eingedrückt und bezahnt. Larven, denen der *Curculionidae* ähnlich, weiß, mit gelblichem Kopf, beinlos, gleichdick, wenig gekrümmt. Puppen weiß, ohne Rüsselscheide. Die Borkenkäfer sind während ihres ganzen Lebens eng an ihre Futterpflanze gekettet, an der sie Nahrung, Brutstätte und Ueberwinterungsplätze finden und verlassen sie nur während der Schwärmzeit. Diese fällt in das Frühjahr und zwar in die Monate März, April oder April und Mai. Hiernach werden Früh- und Spätschwärmer unterschieden. Die Schwärmzeit ist, wie überhaupt alle Lebensverhältnisse der Borkenkäfer, in hohem Maße von der Temperatur abhängig. Die einzelnen Arten bewohnen bestimmte Wirtspflanzen und mit vereinzelten Ausnahmen (*Hylastes trifolii* an Klee) nur Holzgewächse. Manche Arten sind streng monophag, andere bewohnen 2 oder 3 Holzarten, polyphag sind sehr wenige wie *Xyleborus dispar.* Ausnahmsweise wird eine in der Regel verschmähte Holzart beflogen: *Myelophilus piniperda* brütet ausnahmsweise an Fichte. Laubholzbewohner sind die *Scolytiden* und andere, Nadelholzbewohner die *Tomicinen*, an Laub- und Nadelholz lebt *Xyleborus saxeseni.* Manche Arten befallen starkes altes Holz, andere nur jüngere Stämme; diese bevorzugen die dickborkigen unteren Stammteile, jene die dünnberindeten oberen, andere nur Zweige und wieder andere Wurzeln. Gesunde Stämme werden im allgemeinen nicht angeflogen, kränkelndes, krankes oder totes Holz wird bevorzugt. Aus Not

1) Vgl. auch Bd. II S. 229.



werden gesunde Stämme beflogen, etwa bei lokaler Massenvermehrung, oft ersticken die Käfer dann in dem Harz, aber durch ihren starken Angriff haben sie kommenden Geschlechtern die Stätte bereitet. Die Käfer, welche einen Stamm angeflogen haben,

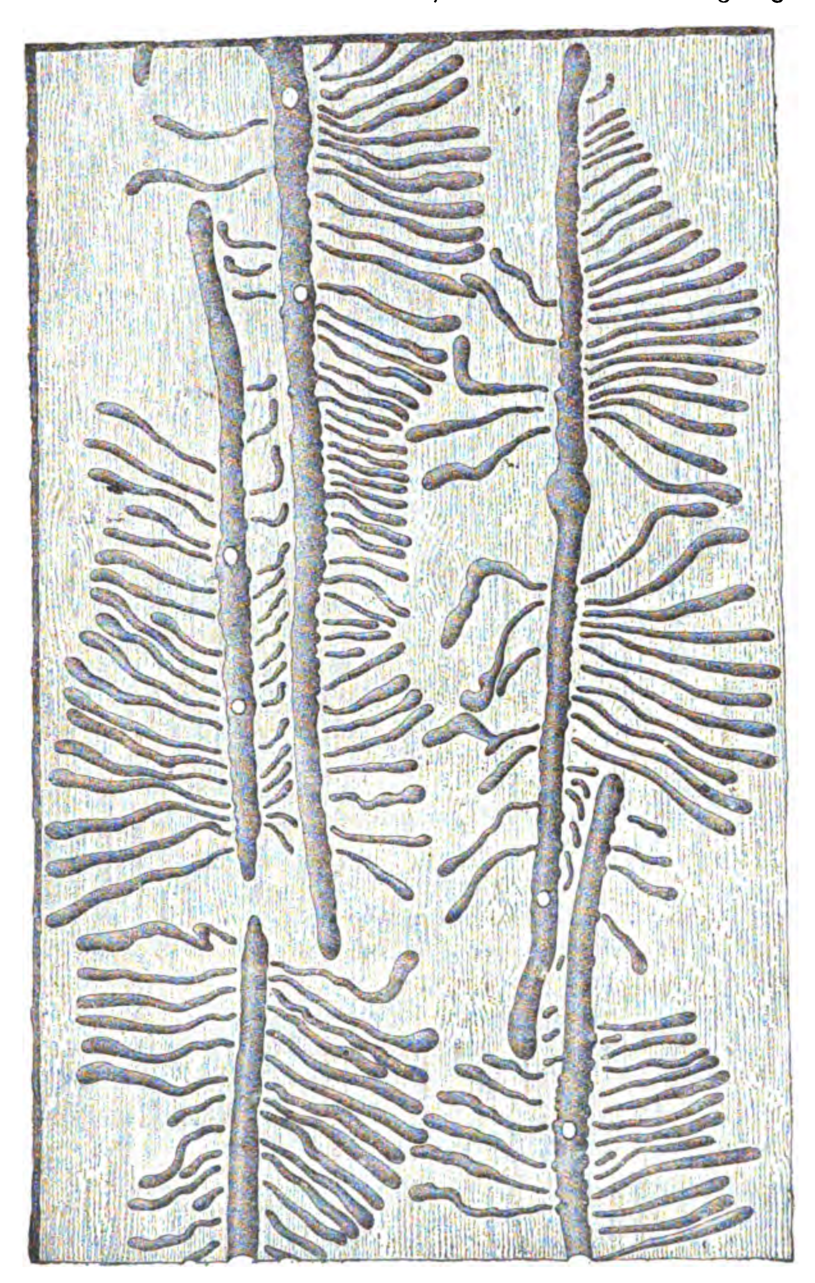


**Fig. 194. Brutgänge vom Ips typographus unter Fichtenrinde (aus Eckstein).**

nagen sich zum Zwecke der Fortpflanzung alsbald ein, indem sie sich durch die Rinde durchfressen, wobei der Angriff unter einer Rindenschuppe oder in einer Ritze der dicken Borke beginnt. Die Einbohrlöcher liegen daher fast stets sehr versteckt. Das durch die Tätigkeit der Käfer entstehende Nagsel (Bohrmehl) wird zum Einbohr-

loch herausbefördert und bleibt unter Umständen unterhalb desselben als braunes oder weißes Bohrmehlhäufchen liegen oder in Spinngeweben hängen. Für den Transport bis zum Einbohrloch ist der Eindruck des Flügeldeckenabsturzes von Bedeutung, da mit dessen Hilfe der rückwärtslaufende Käfer das Bohrmehl vor sich her-

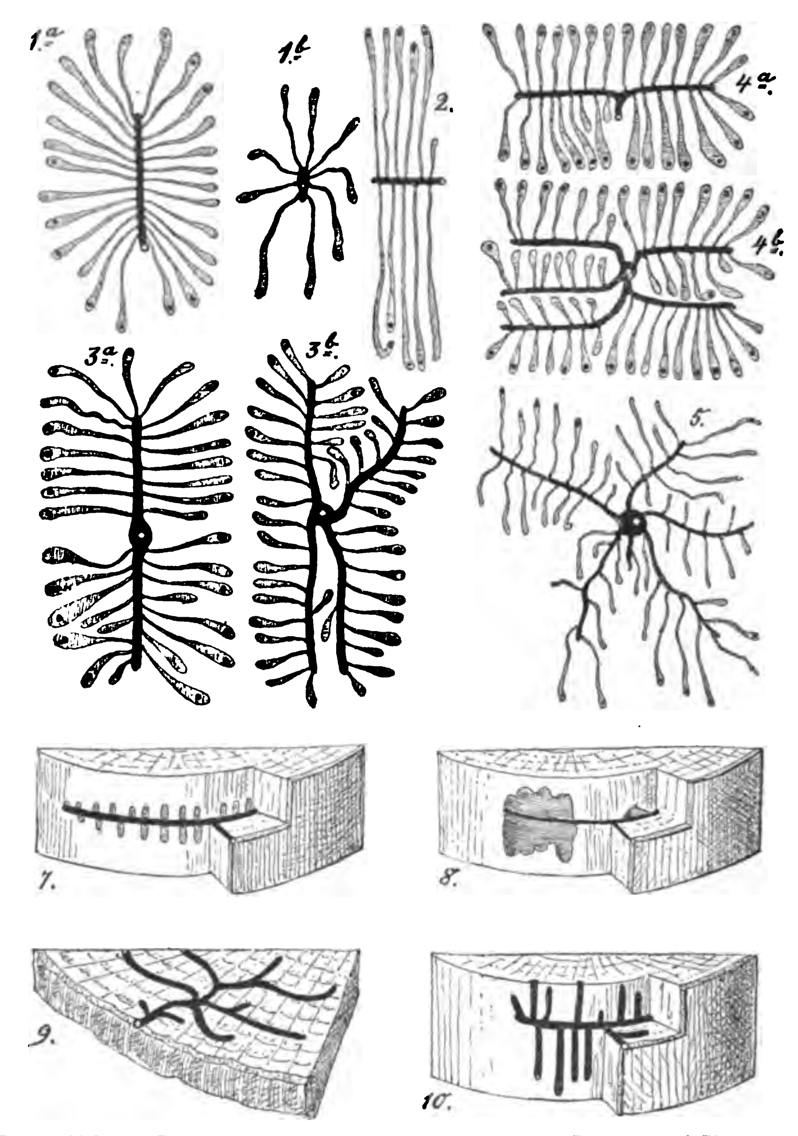



**Fig. 195. Brutfraßbilder von Borkenkäfern. 1—5 Rindenbrüter: 1 a einarmiger Längsgang, 1 b Plätzgang mit getrennten Larvengängen, 2 einarmiger, 4 a doppelter Quergang, 3 a doppelter Längsgang, 3 b, 4 b, 5 Sterngänge, 7—10 Holzbrüter: 7 Leitergang, 8 Familiengang, 9 wagerechter Gabelgang, 10 derselbe mit Leitergang verbunden. Die Bohrlöcher sind weiß ausgespart, die Fluglöcher und die Muttergänge schwarz, die Larvengänge schraffiert angelegt (aus Nitsche).**

drückt. Die Borkenkäfer leben monogam (*Myelophilus piniperda*, *Hylesinus fraxini*) oder polygam (*Tomicus bidentatus*); *Ips typographus* meist bigam. Bei monogamen Arten arbeitet das Weibchen allein am Brutgang, bei polygamen übernimmt das Männchen allein die Herstellung des Einbohrloches und der Rammelkammer, während von hier aus jedes Weibchen einen Brutarm anlegt. Die Brutgänge, welche in

ihrer Breite der Dicke des Käfers entsprechen, werden entweder unter der Rinde so angelegt, daß sie diese und den Splint mehr oder minder stark angreifen, oder sie verlaufen im Innern des Holzes. Rindenbrüter und Holzbrüter werden dementsprechend unterschieden. Nach der Richtung und der Zahl der vom Weibchen angelegten Brutarme, die einschließlich der Rammelkammer als Muttergang bezeichnet werden, unterscheidet man: einarmige Lotgänge (*Scolytus ratzeburgi*), Plätzegänge (*Cryphalus*), einarmige Wagegänge (*Scolytus intricatus*), doppelarmige Wagegänge (*Hylesinus minor*, *H. fraxini*), mehrarmige Wagegänge (*I. curvidens*), doppelarmige Lotgänge (*Ips typographus*), die oft auch dreiarmig sind und, wenn sie mehrarmig werden (*amitinus*), zu den Sterngängen (*P. bidentatus*, *chalcographus*) überleiten. An den Seiten dieser Muttergänge werden von den Weibchen Eiergruben genagt, alsbald mit je einem Ei belegt und gegen den Muttergang mit etwas Nagsel verstopft; in der Regel sind diese Eiergruben sehr scharf und in regelmäßigen Abständen von einander; bei manchen Arten (wurzelbrütenden *Hylesinen*, *I. proximus*) sind sie weniger scharf, bei anderen fehlen sie ganz; in diesem Falle liegen die Eier im Haufen am Ende des Mutterganges (*I. laricis*) oder in einem gemeinschaftlichen Eierlager zur Seite des Mutterganges (*Dendroctonus micans*). Die im Holze brütenden Arten gehen radiär in den Stamm, folgen dann einem Jahresring, oder dringen durch die Jahrringe tief ins Holz. Leitergang nennt man das Fraßbild, wenn der Mutterkäfer oben und unten am Muttergang Eiergruben nagt, von welchen ganz kurze Larvengänge ausgehen (*X. lineatus*). Alle übrigen im Holz verlaufenden Gangformen entbehren der Eiergruben. Sie sind entweder einfach (*X. saxesenii*) oder gabelförmig verzweigt (Gabelgänge, *X. monographus*) oder besitzen nach oben und unten abgehende Brutröhren (*X. dispar*). Die drei letztgenannten Arten legen die Eier ohne Eiergruben zu fertigen ab. Die aus den Eiern hervorkommenden Larven nagen entweder jede für sich einen Larvengang, oder sie fressen gemeinschaftlich einen Fraßplatz (*laricis*, *micans*, *saxesenii*) oder sie entwickeln sich in den Muttergängen (*monographus*, *dispar*). Die Larvengänge nehmen mit dem Wachstum der Larve an Weite zu, ihre Länge ist im allgemeinen für die einzelnen Arten charakteristisch, hängt aber auch von der Beschaffenheit des Holzes ab. Ganz trockene Stellen werden gemieden. Die Larven der Rindenbrüter nähren sich von den abgenagten Teilen der Rinde, des Bastes und Splintes. Die im Holze lebenden Larven ernähren sich von Pilzen (*Ambrosia*), dessen Mycelfäden in das Holz dringen und dessen Verfärbung verursachen; die Holzgänge sind von einem weißen Pilzrasen (*Monilia candida*) ausgekleidet. Die Uebertragung erfolgt durch die weiblichen Käfer, welche die Ambrosiakeimzellen im Darme mitschleppen und ihnen dadurch gleichzeitig eine größere Keimfähigkeit verleihen (*Symbiose*). Am Ende des Larvenganges findet in einer geglätteten Erweiterung (Puppenwiege) die Verpuppung statt, nachdem sich die Larve mehrmals gehäutet hat. Die Puppenwiege der Rindenbrüter liegt in derselben Schicht wie das Ende des Larvenganges (*I. typographus*) oder in der Rinde (*M. piniperda*) oder gar im Holze (*M. minor*). Die Holzbrüter verpuppen sich an der Stelle des Fraßes. Jeder Jungkäfer der Rindenbrüter verläßt seine Puppenwiegen durch ein Flugloch, alle Holzbrüter dagegen sämtlich durch das Einbohrloch des Mutterkäfers. Bei manchen Rindenbrütern besitzt der Muttergang nach außen führende „Luftlöcher“. Sehr zahlreich sind sie bei *Eccoptogaster* ratzeburgi, nicht immer vorhanden und stets weniger zahlreich, oft nur als Ausbuchtungen angedeutet bei *Myelophilus piniperda* und *minor*, wahrscheinlich ermöglichen sie hier die

Copula im engen Muttergang. Diese findet nur bei *Xyleborus dispar* vor dem Schwärmen, also vor dem Einbohrloch des alten Mutterkäfers statt, weil das Männchen ungeflügelt ist, in allen anderen Fällen nach dem Schwärmen vor oder innerhalb des Mutterganges. Das ♀ von *Ips typographus* befindet sich während der Copula im Muttergang, das ♂ in der Rammelkammer, den Kopf vom ♀ abgewandt; die Rücken beider Tiere sind nach entgegengesetzter Richtung gekehrt. In der Regel wird die Copula wiederholt, bei *Ips typographus* nach Ablage von sechs Eiern, bei *I. sexdentatus* nach Ablage von neun. *Myelophilus piniperda* bedarf nicht unbedingt der wiederholten Begattung, das ♀ kann nach einmaliger Befruchtung bis 50 Eier legen. Nach der Eiablage sterben die ♀♀ der Eccoptogasterarten, die der übrigen leben weiter, nehmen Nahrung auf, indem sie unter der Rinde oder fern von der Brutstätte (*H. fraxini*, *Myelophilus piniperda*) fressen und sich nährend die Geschlechtsdrüsen regenerieren (Regenerationsfraß). Dieser ist in der Regel bald beendet, jedoch bei den zuletzt genannten Arten, ebenso bei *H. ater* von längerer Dauer. Der Regenerationsfraß unter Rinde erfolgt in unregelmäßigen Gängen, die häufig das Fraßbild der Brutgänge verwischen. Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn die Jungkäfer nicht alsbald ausschwärmen, sondern unter der Rinde zunächst fressen. Wenn die wieder ausgeschwärmten Käfer zu wiederholter Fortpflanzung schreiten, sind auch ihre Nachkommen brutbereit. Doch spielt auch hierbei die Witterung eine mehr oder weniger große Rolle. Hält sich während der ersten 48 Stunden nach dem Verlassen der Stätte der Verwandlung die Temperatur auf ca. 20 ° C bei geringer Luftfeuchtigkeit, dann genügt diese Zeit vollkommen, um bei der weitaus größten Mehrzahl der Tiere die Bruttätigkeit auszulösen; nur wenn bald nach dem Ausflug die Temperatur erheblich sinkt und die Luftfeuchtigkeit sehr zunimmt: nur dann können die Käfer nicht zum Brüten schreiten, sondern beschränken sich auf Ernährungsfraß und gelangen später, meist erst nach der Ueberwinterung, zur Fortpflanzung. Die außerordentliche Langlebigkeit der Käfer, ihre wiederholte

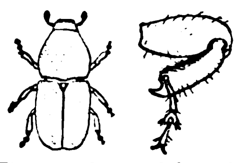


Fig. 196. Ganzer Käfer und Vorderbein v. Eccoptogaster intricatus (aus Nitsche).

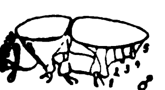




Fig. 197. ♂ u. ♀ von Eccoptogaster ratzeburgi. Bauch nicht horizontal, sondern vom 2. Ringe an steil gegen den After aufsteigend. ♂ mit je einem Höcker auf dem 3. und 4. Bauchring (aus Nitsche).

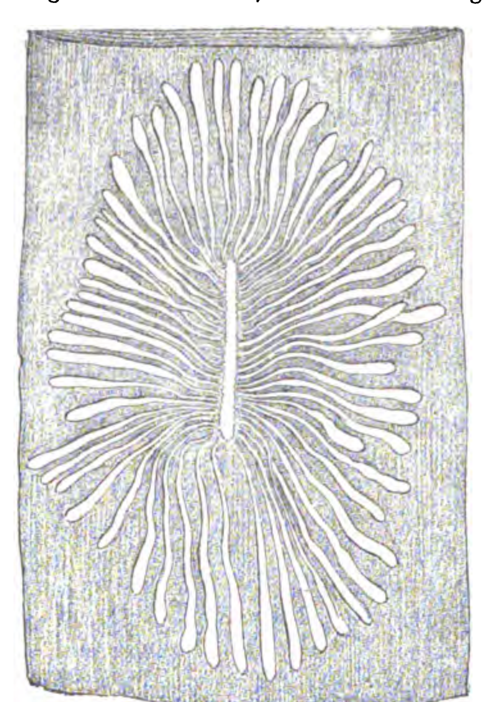


Fig. 198. Fraßgänge des Eccoptogaster multistriatus, Ulme (aus Eckstein).



Fig. 199. Eccoptogaster intricatus (aus Heß).

Fortpflanzungsbereitschaft, die Witterungseinflüsse sind Faktoren, welche die früher angenommene Regelmäßigkeit der Generationsfolge (einfache, doppelte) der einzelnen Arten als unmöglich erkennen lassen.

1. Unterfam. *Eccoptogastrinae* [*Scolytinae*]. Splintkäfer. Kopf geneigt, von oben sichtbar; Halsschild groß, nach vorn etwas verengt, überragt von oben gesehen den Kopf nur teilweise; Flügeldecken an der Basis glatt, nach der Spitze hin gerade verlaufend, nicht abschüssig, stets ungezähnt; Schienen außen ganzrandig, die vorderen gekrümmt, 3. Fußglied breiter als die vorhergehenden, 2 lappig; Bauch vom 2. Ringe an steil gegen den After aufsteigend (Fig. 197). Monogame, fast nur in Laubholz brütende Spätschwärmer, deren Gänge nicht unerheblich in das Splintholz eingreifen und mit zwei Ausnahmen einfache Längsgänge mit sehr zahlreichen, anfangs dicht gedrängten gegen das Ende auseinandergehenden, oft sehr langen Larvengängen sind. — *Eccoptogaster ratzeburgi* Janson. Birkensplintkäfer. Männchen mit Höcker am dritten mit Leiste am vierten Bauchsegment, Weibchen ohne Höcker 4—7 mm, an Birke. Lotgang mit zahlreichen Luftföchern, Larvengänge im Splint. — *E. scolytus* F. (= *Scolytus geoffroyi* Goetze). Großer Ulmensplintkäfer. Beide Geschlechter mit Höcker am 3. Bauchsegment, 4—6 mm, Lotgänge kurz, breit. — *E. multistriatus* Marsh. Kleiner Ulmensplintkäfer. 3—4 mm. Zweites Abdominalsegment mit Höcker; Lotgang schmal, Larvengänge sehr zahlreich. — *E. laevis* Chap. Ulme. Besonders an Aesten; Oesterreich. — *E. intricatus* Rtzb. Eichensplintkäfer. Halsschild stark glänzend, Decken matt, 3—4 mm. Eiche an Aesten und Lohden, auch an mit Rinde verarbeitetem Material. 2—3 cm langer Quergang (Fig. 195, 2). — *E. pruni* Ratz. Obstbaum, Eberesche. — *E. ungulosus* Rtzb. Obstbaum. — *E. carpini* Rtzb. Wagegang an Hainbuche.

2. Unterfam. *Hylesininae*. Bastkäfer. Kopf geneigt, von oben meist sichtbar; Halsschild groß, nach vorn gewöhnlich verengt; Flügeldecken an der Basis meist erhaben gerandet und einzeln abgerundet, nach der Spitze zu abschüssig gewölbt, stets ungezähnt; Schienen außen gezähnelt, 3. Fußglied zweilappig, selten einfach; Bauch wagerecht (Fig. 203). Gewöhnlich monogame Tiere, die sowohl im Laub- wie im Nadelholze brüten; letztere setzen die Eier teils unter der Stammrinde, teils an Wurzeln ab. — *Hylesinus crenatus* F. Großer Eschenbastkäfer. 4—6 mm. Unter borkiger Rinde. Muttergänge kurze Wagegänge, selten Schräggänge oder doppelarmig, kurz, breit; Larvengänge verschlungen. Wiege in der Rinde. — *H. oleiperda* F. Oelbaum, Esche, Wiege im Holz; Mittelmeerländer. — *H. fraxini* F. Kleiner bunter Eschenbastkäfer, Frühschwärmer. Doppelarmige Wagegänge, auch schrägstehend, tief eingeschnitten, an Aesten und jungen Stämmen. „Rindenrosen" sind krebsartige Ueberwallungen des Ernährungs- und Ueberwinterungsfraßes. — *H. vittatus* F. 2—3 mm. Frühschwärmer, Ulme. — *Hylastes ater* Payk. Bleischwarz, Ränder des Halsschildes gerade. 4—5 mm. Lange Muttergänge an Kiefernstöcken und Wurzeln. Larvengänge dicht; braunes Nagemehl. Larvenfraß bedeutungslos. Ernährungsfraß an Rinde junger Pflanzen und an gefälltem Holz, Fangkloben. — *H. cunicularius* Er. Halsschild gerundet, Decken gekörnelt, schwarz. Fichte. Lebensweise gleicht jener des vorigen. — *H. opacus* Er., *H. attenuatus* Er., *H. angustatus* Er. 2—2,5 mm, an Kieferwurzeln, kein Rindenfraß. — *Hylurgops glabratus* Zett. (= *decumanus* Er.). Spätschwärmer an Kiefer und Zirbelkiefer; Lotgang. — *H. palliatus* Gyll. Rotbraun, Frühschwärmer, Nadelhölzer, Lotgang, Eier in Gruben oder größeren Kammern. Larvengänge oft undeutlich, Puppenwiegen auf Splint.



Fig. 200. Fühler von Myelophilus m. sechsgliedriger Geißel und solider, aber geringelter, vorn etwas zugespitzter Keule (aus Nitsche).

— *Hylurgus ligniperda* F. Absturz mit rotgelben Haaren 4—5 mm. Larven an Kiefernwurzeln. Kein Rindenfraß. — *Myelophilus piniperda* L. Kiefermarkkäfer. 4—5 mm. Schwarz. Absturz mit „Schattenfurche", weil die Härchen zwischen der 2. und 3. Punktreihe fehlen. Frühschwärmer an Kiefern. Lotgang, am Anfang (unten) mit Krücke, diese meist erweitert. Einbohrloch versteckt. Bohrmehl braun,

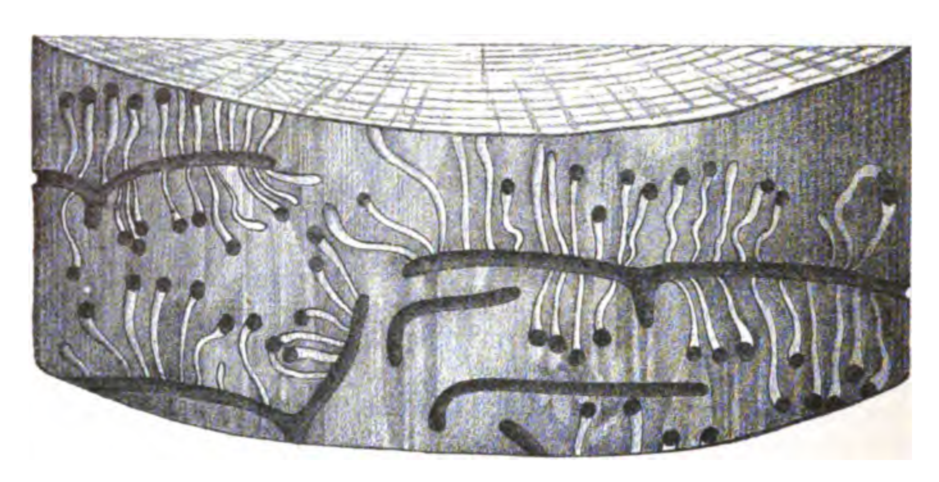


Fig. 201. Kiefer mit Mutter- und Larvengängen des Myelophilus minor (aus Eckstein).

später braun und weiß gemischt. Brütet unter dicker Borke toter aber noch frischer oder kränkelnder Stämme. Puppenwiegen in der Rinde. Harzröhren falls saftreiche Stämme befallen werden. Ernährungsfraß in Trieben. Abwürfe, „Waldgärtner". Ueberwinterungsfraß in dicker Borke am untersten Stammende. — *M. minor* Htg. Kleiner Kiefernmarkkäfer. Halsschild grünlich schwarz, Decken rötlich schwarz. Schattenfurche fehlt. Doppelarmige Wagegänge unter dünner Rinde, Kiefer. Puppenwiege im Holz. Lebensweise entspricht jener des *M. piniperda*, befällt aber gesünderes Holz; seltener als *piniperda*. — *Carphoborus minimus* T. 1—2 mm. 3—5 armige Sterngänge mit scharfen weitständigen Eiergruben an Zweigen. — *Dendroctonus micans* Kug. Riesenbastkäfer. 8—9 mm. Pechbraun. Fichte, Kiefer, gerne an Wundstellen. Muttergang wagrecht oder schief, kurz. Die Copula findet in den Ernährungsgängen statt. Eier in besonderem Eierlager in Nagsel eingebettet. Larven zeigen gesellige Organisation, sie fressen enggedrängt aneinandersitzend einen weiten Platz, andere transportieren Bohrmehl und Kot nach hinten und fertigen daraus Bohrmehlplatten, in denen sie sich verpuppen. Das Weibchen erzeugt zweimal Bruten, die Entwicklung der Larven ist individuell verschieden, das Larvenleben ist lang. — *Poligraphus poligraphus* L. An Nadelholz; polygamer Spätschwärmer. 2—3 mm. Rammelkammer oft in der Rinde; 2—3 Brutarme, Larvengänge verworren in der Rinde.

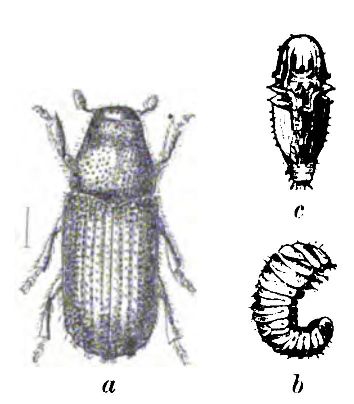



Fig. 202. Myelophilus piniperda. a Imago, b Larve, c Puppe (aus Heß).

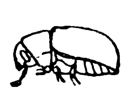


Fig. 203. Hylesinus vittatus mit hinten steil abfallenden Flügeldecken (aus Nitsche).

3. Unterfam. *Ipinae* [*Tomicinae*]. Borkenkäfer (Fig. 204). Kopf fast immer unter dem Halsschilde versteckt; Fühlerkeule meist zusammengedrückt; Halsschild vorn gekörnelt oder höckerig gerunzelt, hinten punktiert oder glatt; Flügeldecken am Absturz eingedrückt und häufig gezahnt (Fig. 204); Schienen außen gezähnt; Fußglieder zylindrisch, 3. Fußglied stets einfach; Bauch wagrecht. Die Geschlechter meistens zufolge verschiedener Absturzbildung dimorph, bei einer Art (*Xyleborus dispar* F.), das ♂ bedeutend kleiner, von kugeliger Figur und flügellos (Fig. 207). Rinden- und Holzbrüter des Laub- und Nadelholzes; unter den ersteren viele polygame Arten. — *Tomicus sexdentatus* Boern. (= *stenographus* Duft.). Sechszähniger Kiefernborkenkäfer. Beide Geschlechter mit sechs Zähnen am Absturz, der vierte am längsten. Muttergänge breit und sehr lang. — *Ips typographus* L. Achtzähniger Fichtenborkenkäfer, Buchdrucker. Jederseits am Absturz vier Zähne, der dritte am längsten. Spätschwärmer, befällt kränkelnde Fichten, geschlagenes Holz. Muttergang ein Lot- oder Stimmgabelgang. Larvengänge kurz, rasch an Breite zunehmend, Puppen unter der Rinde. Generationsdauer nach Höhenlage und Wetter wechselnd: eine 12 Monate dauernde Generation oder zwei Generationen, von denen die erste in etwa 2 Monaten verläuft. Die Forstgeschichte weiß von starker verderblicher Massenvermehrung nach Windbruch zu erzählen. — *I. amitinus* Eichh. 4—5 mm. Fichte; mit vorigem zusammen. 3- bis 4-armige Sterngänge. Vielleicht mit der folgenden Art zu vereinigen, welcher er bis auf Unterschiede an der Fühlerkeule gleicht. — *I. cembrae* Heer. Zirbelkiefer. Im Hochgebirge eine Generation aber zwei Brutperioden. Käfer, Larven, Puppen überwintern. — *I. acuminatus* Gyll. 3—4 mm. Absturz mit drei Zähnen, der dritte am stärksten, beim ♂ zweizackig. Spätschwärmer, Süddeutschland, Kiefer. Sterngang. — *I. curvidens* Germ. 204 mm. 5 Zähne, zweiter beim ♂ gekrümmt, der erste aufrechtstehend; Stirnbehaarung der ♀ gelb. Tanne. Südwestdeutschland. Auch gesunde Stämme anfliegend. Mehrarmige Wagegänge. — *I. vorontzowi* Jac.

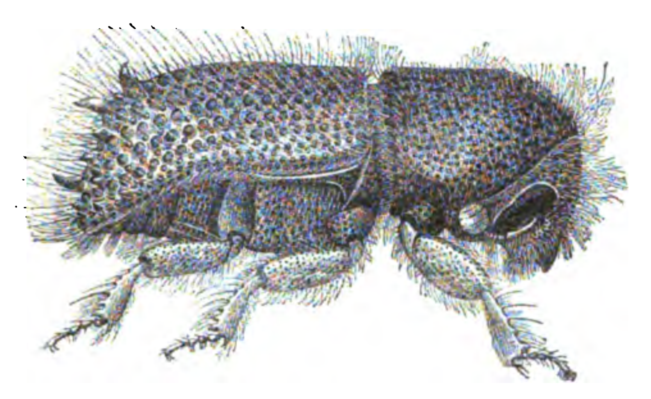


Fig. 204. Ips curvidens (aus Eckstein).



Fig. 205. Brutgänge von Pityogenes bidentatus (Tomicus bidens) (aus Eckstein).

3 Zähne, zweiter Zahn des ♂ verdickt. Sterngänge an Tannen. — *I. proximus* Eichh. 3—4 mm. 4 Zähne am Absturz, Längsgänge an Kiefer und Fichte. Eiablage oft nicht in besonderen Eiergruben, sondern am Rand des Mutterganges. — *I. laricis.* 3—4 mm. Beide Geschlechter gleich bezahnt, fünf Zähne, schwach. — *I. suturalis* Gyll. 3 mm. Dem vorigen ähnlich, brütet unter dünner Rinde der Kiefer. — *Pityogenes bidentatus* Hbst. Einfarbig, ♂ mit großem Zahn am oberen Rand des Absturzes, oft mit Nebenzähnchen, ♀ zahnlos. Polygamer Spätschwärmer. Kiefer. Sterngang unter dünner Rinde, tief in den Splint eingreifend. — *P. quadridens* Htg. Einfarbig. Absturz oben mit großen, unten mit kleinem Zahn, Krummholzkiefer. — *P. bistridentatus* Eichh. Einfarbig. Zähne wie beim vorigen, dazu Nebenzähnchen wie bei *bidentatus.* Krummholzkiefer. — *P. chalcographus* L. Schwarz. Hinterteil der Decken braun; ♂ mit drei deutlichen, ♀ mit drei schwachen

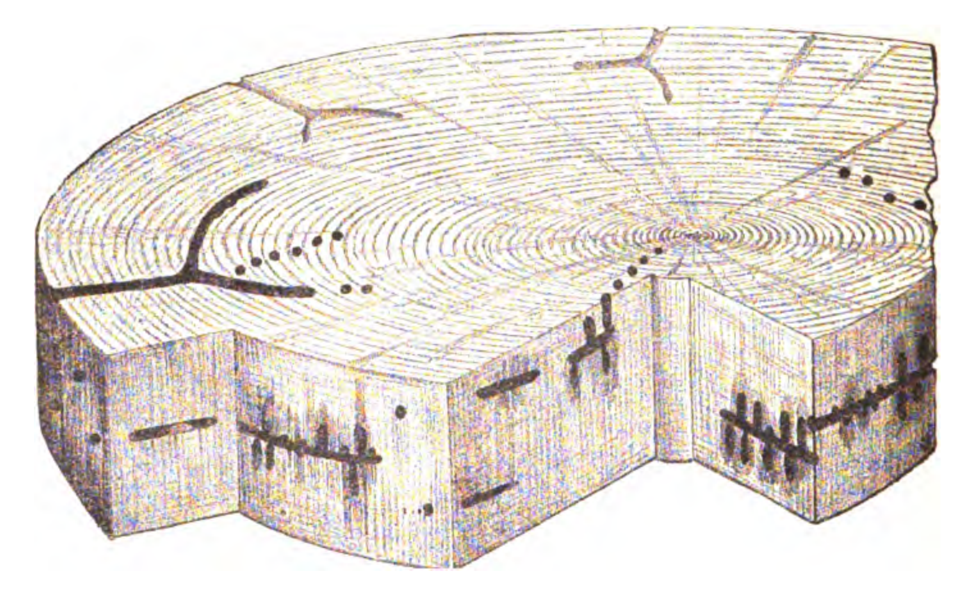


Fig. 206. Weißtannen-Stammabschnitt mit Brutgängen von Xyloteres lineatus. (1/1 aus Eckstein).

Zähnen. Polygam. Rammelkammer in Fichtenrinde, Sterngänge. — *Pityophthorus micrographus* Gyll. 1—2 mm. Schmal. Absturz ohne Zähne. Stirnbehaarung des ♀ gelb. Fichte; spätschwärmender Wipfelbewohner, auch an jüngerem Holz. Sterngänge. Rammelkammer im Splint; zahlreiche gewundene Brutarme. — *P. exsculptus* Rtzb. (= *macrographus* Schr). 2 mm. Fichte. Sterngänge; Brutarme lang, längslaufend. Eiergruben weit voneinander. — *P. lichtensteini* Rtzb. und *P. glabratus* Eichh. Sterngänge an Zweigen der Kiefer. — *Cryphalus abietis* Rtzb. Fichte, Tanne. — *Cr. piceae* Rtzb. Tanne. Beide 2 mm. Frühschwärmer; monogam; Eier haufenweise im Fraßplatz. Larven nagen von diesem aus Gänge unter dünner Rinde. — *Crypturgus pusillus* Gyll. An Fichte, Kiefer und *Cr. cinereus* Hbst. an Kiefer benutzen die Einbohrlöcher und Muttergänge anderer Borkenkäfer zur Eiablage. — *Dryocoetes autographus* Rtzb. 3—4 mm. Fichtenstockholz. — *Xyloterus lineatus* Ol. Nutzholzborkenkäfer. 3 mm. Flügeldecken glatt, gelb und dunkel längsstreifig. Halsschild hinten gelb. An allen Nadelhölzern, kränkelnden Stämme, gefälltem Holz, Stöcken; Bohrmehl weiß. Einfache oder verzweigte Leitergänge im Holz, meist den Jahresringen folgend, geschwärzt.

Technisch schädlich. — *X. signatus* F. Dem vorhergehenden sehr ähnlich, Eiche und andere Laubhölzer. — *X. domesticus* L. Halsschild schwarz; polyphag an Laubholz, Leitergänge folgen nicht den Jahresringen. Bei allen Leitergängen nagt der Mutterkäfer Eiergruben oben und unten am Muttergang, die Larve fertigt ganz kurze Gänge, die gegen den Muttergang verstopft sind. Puppe im Larvengang. — *Xyleborus*, ♂ flugunfähig; polyphag. Larven leben von Ambrosiapilzen. — *X. dispar* F. ♂ sehr kurz, kugelig, selten; ♀ häufiger. Laubhölzer. Von den Muttergängen gehen längere Brutarme nach oben und unten, in welchen mehrere Larven übereinander liegen. Befallene Stämmchen oder Aeste sterben ab. — *X. dryographus* Rtzb. Die Brutarme der Muttergänge durchschneiden die Jahresringe. Larven in diesen Brutarmen liegend. ♂ sehr selten. — *X. monographus* F. Fraßbild dem des vorigen ähnlich.

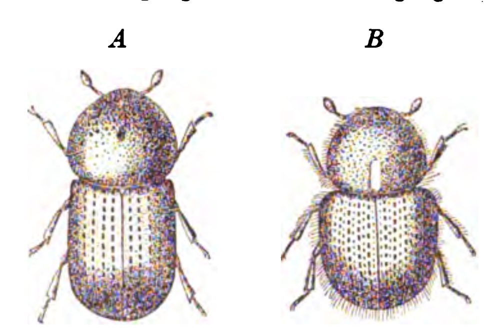
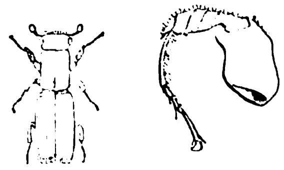


Fig. 207. Xyleborus dispar. A ♀ 12/1. B ♂ 9/1 (aus Leunis).

5. Fam. *Platypodidae* (Fig. 209). Kopf frei, kurz und flach, breiter als das Halsschild, ohne Spur eines Rüssels; Augen vorgewölbt; Beine breitgedrückt; Tarsen lang und dünn, echt pentamer, erstes Glied etwa so lang als die übrigen zusammen, drittes ungelappt, viertes deutlich sichtbar; Flügeldecken flach, mit senkrechtem Absturze. Larven dünn und gestreckt, das abgeschrägte Hinterende mit kurzem, hartem Dorn. Leitergänge tief im Holze. — *Platypus cylindrus* F. Eichenkernkäfer.


Fig. 208. Platypus cylindrus und Vorderbein desselben (aus Nitsche).

§ 81. 6. Ueberfam. L a m e l l i c o r n i a. Blatthornkäfer. Nähte des Kopfes und Prothorax deutlich; Fühler geknict; Vorderbeine meistens mit verbreiterten Grabschienen; Tarsen 5gliedrig; 4 M a l p i g h i sche Gefäße. Larven sind „Engerlinge“: blind, dick, weiß mit gelbbraunem Kopf, mit stark ausgebildeten Beinen und aufgetriebenem, bauchwärts eingekrümmtem Ende des Hinterleibes, langlebig, phytophag oder Aas- und Kotfresser. Nur eine Familie: *Scarabaeidae.*

Unterfam. *L u c a n i n a e*. Schröter. Blätter der Fühlerkeule mit den Kanten gegeneinandergestellt, unbeweglich, eine gesägte Keule bildend. Larven mit längsspaltigem After, leben in mulmigem Holze, Käfer lecken Baumsäfte, ausnahmsweise an Rinde nagend. — *Systenocerus* (*Platycerus*) *caraboides* L. Kleiner Eichenschröter. Benagt junge Eichentriebe. — *Lucanus cervus* L. Hirschkäfer. Oberkiefer geweihartig vergrößert. — *Dorcus parallelepipedus* L.

Unterfam. *C o p r o p h a g i*. Mistkäfer. Vorderbeine mit Grabfüßen. Brutpflege: Eier in Mistkugeln oder in mit Kot beschickten Erdröhren abgelegt. — *Scarabaeus sacer* L. Südeuropa. *Copris lunaris* L. *Aphodius fossor* L. *Geotrupes vernalis* L. Blau. Gemein. Larve in kurzen Erdröhren, welche der Mutterkäfer mit Exkrementen von Huftieren oder Nagern beschickte.

Unterfam. *D y n a s t i n a e*. *Oryctes nasicornis* L. Nashornkäfer. Larve in Eichenlohe, Holzerde.

Unterfam. *Cetoniinae*. Oberflügel werden beim Fluge nur gelüftet. Larve mit kurzen Beinen, wenig aufgetriebenem Hinterleib und starker Rückenbehaarung,

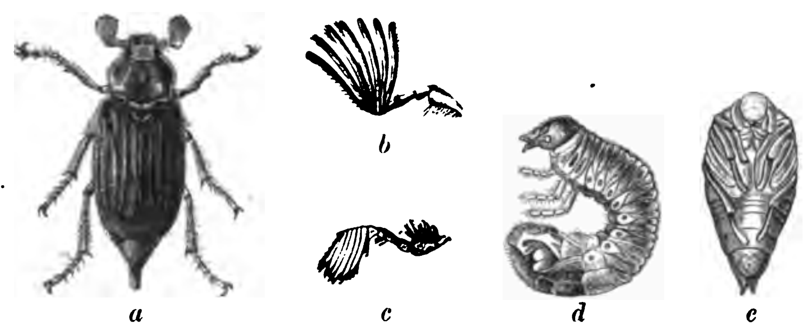
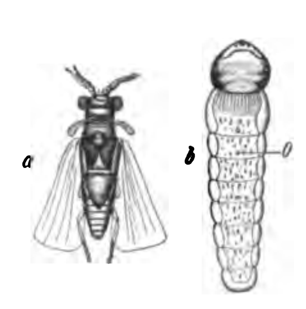



Fig. 209. Melolontha melolontha. a Imago, b Fühler des ♂, c des ♀, d Larve, e Puppe (aus Heß).

in Ameisenhaufen, Puppe ebenda im Cocon. — *Cetonia aurata* L. Goldgrün auf Spiräen und an Baumsaft.

Unterfam. *Melolonthinae*, Laubkäfer. Blätter der Fühlerkeule beweglich, sich mit den Flächen berührend, bei den ♂ meist größer; von den Hinterleibsstigmen nur das 7. Paar von den Flügeldecken nicht verdeckt; Hinterleib mit Pygidium. Larven mit querspaltigem After unterirdisch an Wurzeln fressend, Käfer verzehren Laub und Nadeln. — *Melolontha*, Fühlerkeule des ♂ mit 7, jene des ♀ mit 6 Blättern. Larve mit langen Beinen, die hinteren am längsten. *Melolontha melolontha* L. (*vulgaris* F.). Gemeiner Maikäfer (Fig. 209). Brustschild schwarz, selten rotbraun, Flügeldecken auch am Außenrand braun, Beine braun, Aftergriffel lang, breit platt. Schwärmzeit und Eiablage April bis Juni; der Engerling frißt im Jahr der Eiablage und während der zwei oder drei folgenden Jahre; er ruht im Winter. Puppe im August und September des dritten oder vierten Jahres. Käfer überwintert im Boden, erscheint im folgenden Frühjahr. Vgl. Bd. II, S. 244. — *Mel. hippocastani* F., Roßkastanienmaikäfer. Beine schwarz; Flügeldecken mit schwarzem Rand, Aftergriffel kurz. Lebensweise, wie die des vorhergehenden. — *Polyphylla fullo* L. Walker. Braun, weißfleckig, ♂ mit 7, ♀ mit 5 Blättern der Fühlerkeule. Engerling: letztes Beinpaar ohne Kralle. Sandboden. Käfer an Kiefern, Juni, Juli. Larve an Kiefern, Akazien, Birken und Sandgräsern. — *Rhizotrogus solstitialis* L. Sonnenwendkäfer. Lederfarben, stark behaart. Juni, Juli, an Kiefern und im Grase. — *Phyllopertha horticola* L. — *Anomala aenea* Geer. (*frischii* F.).



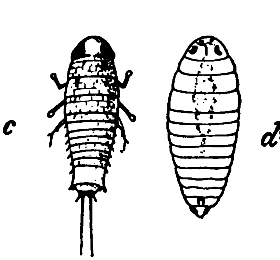




Fig. 210. Xenos rosii. a Larve, b ♀, c ♂ nach Nassenow (aus Claus).

§ 82. 13. Ordn. Strepsiptera. Fächerflügler (Fig. 210). Stark ausgeprägter Geschlechtsdimorphismus: ♂ freilebend klein; die beißenden Mundteile halb verkümmert; Augen und Fühler groß; Vorder- und Mittelbrust sehr klein, letztere mit winzigen aufgerollten Vorderflügeln; Hinterbrust dagegen sehr groß, den Hinterleib z. T. bedeckend mit sehr großen fächerartig faltbaren Flügeln; ♀ madenähnlich, augenlos, Kopf und Prothorax verschmolzen, von den Mundteilen

sind nur die Vorderkiefer vorhanden; Mitteldarm blindgeschlossen. Parasitisch in den Hinterleib von Hymenopteren eingebohrt, vivipar. Aus den Eiern entstehen in der Leibeshöhle der Mutter Maden, welche deren Körper aus hintereinandergelegenen unpaaren Geschlechtsöffnungen auf Blüten verlassen und zu campodeaähnlichen Larven werden; sie werden von Hymenopteren in ihre Stöcke verschleppt, häuten sich zu fußlosen Maden, die sich in die Wirtslarven einbohren und in deren Puppe sich ebenfalls verpuppen, wobei die Strepsipterenpuppe sich mit dem Kopfende aus dem Abdomen der Wirtspuppe herausschiebt. — *Xenos rossii* Kirby.

§ 83. 14. Ordn. Hymenoptera. Hautflügler. Insekten mit beißenden oder gleichzeitig beißenden und saugenden (leckenden) Mundwerkzeugen, zwei Paar häutigen, durchsichtigen Flügeln und vollkommener Verwandlung.

Kopf, Brust und Hinterleib stets deutlich geschieden. Kopf quer, frei beweglich, mit großen Netz- und 3 Punktaugen; Fühler entweder einfach und dann vielgliedrig oder gebrochen mit Schaft und Geißel. Die Mundteile können rein beißende, denen der Käfer ähnliche sein, oder es bleiben nur die Mandibeln vom kauenden Typus, während Maxillen und Labium zu einem Saugrohr werden, das in der Ruhe knieförmig unter den Kopf gelegt werden kann. Insbesondere streckt sich bei den Bienen die Unterlippe zu einer Zunge (Ligula), die von den ebenfalls sehr verlängerten Maxillenladen scheidenartig umgeben wird; als Nebenzungen (Paraglossen) werden dann die gesonderten äußeren Laden der Unterlippe bezeichnet (Fig. 211). Kieferntaster sechsgliedrig, Lippentaster viergliedrig. Die Rückenschiene der Vorderbrust ist oft mit dem Mesothorax verwachsen, während die Brustschiene selbständig und frei beweglich bleibt und dadurch den ihr angelenkten Vorderbeinen einen besonders großen Bewegungsspielraum verleiht; außer den 3 Brustringen ist meistenteils auch der große 1. Bauchring (Mediansegment) mit zur Bildung des Thorax verwendet. Die Beine (Fig. 212) haben gewöhnlich 5 Fußglieder, deren erstes häufig als Ferse (Metatarsus) verlängert ist; vom Schenkel kann ein proximales Stück als sog. 2. Trochanter beweglich abgeschnürt sein. Beide Flügelpaare dienen zum Fluge und sind durch Klammereinrichtungen miteinander verbunden; sie sind gleichgebildet und mit reicher Aderung versehen, die aber fast völlig schwinden kann. Ueber den Flügeln liegen zwei Deckschuppen (*Tegulae*), auch kommt öfter Flügellosigkeit vor, z. B. bei den Arbeitern der Ameisen. Der Hinterleib sitzt entweder mit seiner Breite der Brust an (Blattwespen), oder die ersten Abdominalsegmente sind sehr dünn, daher der Hinterleib

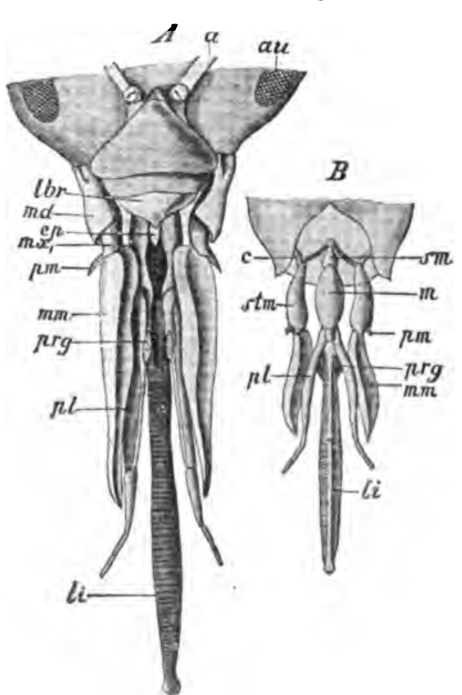



Fig. 211. A Mundteile von Apis mellifica. B Mittel- und Hinterkiefer. a Antenne, au Netzauge, lbr Oberlippe, md Vorderkiefer, ep Epipharynx, $mx_1$ Mittelkiefer, pm deren Taster, mm deren verschmolzene Laden, prg Paraglossen = äußere Laden der Hinterkiefer, li Zunge = deren innere Laden, c Angel, sm Unterkinn, m Kinn, stm Stamm der Mittelkiefer (aus Lang).

„gestielt" und dadurch sehr beweglich (Wespen, Bienen, Ameisen). Die Hinterleibsspitze der Weibchen trägt entweder eine Legescheide (*Terebra*) oder einen aus mehreren Teilen (Scheide, Stechborsten) bestehenden Stachel (Aculeus), der mit einer Giftdrüse in Verbindung steht. Speiseröhre meist zu einem sog. Saugmagen, manchmal auch zu einem Kaumagen erweitert. Die Ernährung erfolgt durch Aufnahme von Honig aus Blüten, oder räuberisch. Malpighische Gefäße sind kurz aber zahlreich, die Längsstämme der Tracheen zu Blasen erweitert (Fig. 109), Eiröhren meist sehr zahlreich; Receptaculum seminis nebst Anhangsdrüse groß; Begattungstasche fehlt (Fig. 42). Samenleiter mit zwei Anhangsdrüsen, Penis ausstülpbar. Geschlechtsdimorphismus ist vielfach im Zusammenhang mit Brutpflege vorhanden, bei den geselligen Hautflüglern (Bienen, Wespen, Ameisen) zum Polymorphismus entwickelt in Gestalt von Königin (Weibchen), Drohne (Männchen), Arbeitern (verkümmerte Weibchen) (Fig. 223). Die Larven teils freilebende, blattfressende Afterraupen, mit 1 Paar Punktaugen an den Kopfseiten und bis zu 6—8 Paar Bauchfüßen (Fig. 214), die bei *Lyda* bis auf das am letzten Ringe schwinden (Fig. 216), teils madenähnlich, beinlos mit kleinem, einziehbarem Kopfe; ihr Mittel- und Enddarm stehen nicht in Verbindung (Fig. 117). Die Larven fressen Pflanzen oder sind Entoparasiten anderer Insekten oder werden in Bruträumen gefüttert. Die Puppe ist stets frei und ruht entweder in einem von der Larve gesponnenen Cocon oder in einer Zelle.

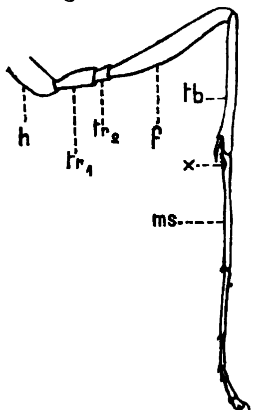
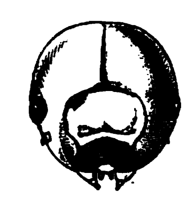


Fig. 212. Vorderbein einer Schlupfwespe. h Hüfte, $tr_1$, $tr_2$ Schenkelringe, f Schenkel, tb Schiene, ms Ferse, x Putzapparat (aus Kolbe).

1. Unterordn. Symphyta. Brustabschnitt nur von 3 Segmenten gebildet; Hinterleib mit breiter Basis dem ersteren ansitzend; 2 Schenkelringe; Larven mit Beinen und After, raupenförmig.

1. Fam. *Tenthredinidae*. Blattwespen (Fig. 215). Fühler drei- bis vielgliedrig, ungeknickt, borstenförmig, bei den ♂ oft gesägt oder gekämmt; Vorderschienen stets mit 2 Enddornen, an den 4 ersten Fußgliedern oftmals ein Saugnapf; Aderung der Flügel sehr ausgebildet; Legescheide nicht vorragend, zu einer gekrümmten, seitlich zusammengedrückten, gezähnelten Säge umgebildet, mit der die Pflanzenteile für Unterbringung der Eier angeritzt werden. Die Eier schwellen durch Eintreten von Pflanzensäften an (Imbibition). Larven: freilebende bunte Pflanzen fressende (Phyllophaga) Afterraupen (Fig. 214) mit rundem, abgeflachtem Kopfe (Fig. 213), kauenden Mundteilen und 3 Paar Brustbeinen und 8 Paar weicher, nicht mit Hakenkränzen versehener Bauchfüße, die aber auf 6 — bei Lyda auf 1 — Paar zurückgehen können. Nach 4—5 Häutungen verpuppen sie sich meist in einem festen Cocon, nur *Lyda* in einer Erdhöhle. Oftmals liegen die Larven noch lange — bis zu mehreren Jahren — unverpuppt in der Hülle. Die ausschlüpfende Wespe nagt von dem Cocon einen Deckel ab.


Fig. 213. Kopf einer Blattwespenraupe mit einem Punktauge jederseits (aus Nitsche).

*Lophyrus*. ♂ kleiner als ♀. Fühler 17—22 gliederig, jene der ♂ doppelt gefiedert, der ♀ klein, gedrungen. Eiablage reihenweise in aufgesägte Nadeln. Eier weiß, lang walzenförmig; Larven 22füßig, träge, einzeln oder in Familien. Mehrere fressen an einer Nadel, in ihrer Jugend die Mittelrippe verschonend; bevorzugen vorjährige Nadeln, plätzen die Rinde, häuten sich 5—6 mal, die abgestreifte Haut klebt ringförmig an einer

Nadel. Cocon ist ein Gespinst. Wintercocon braun fest im Boden, Sommercocon dünn, blaß, an Pflanzen. Puppenruhe 14 Tage. Ueber Winter liegt die Larve unverpuppt im Cocon, nur *L. rufus* überwintert als Ei in der Nadel. Generation einfach oder doppelt; oft „überliegen" die Larven. Nährpflanze: Kiefer. — *Lophyrus pini* L. Kiefernbuschhornblattwespe. Larve schmutziggrün, mit schwarzer Zeichnung in den Seiten, Kopf braun; lebt familienweise. ♂ schwarz, ♀ Hinterleib schwarz mit gelber Zeichnung (vgl. Bd. II, S. 255). — *L. pallidus.* Kl. Larve: Kopf braun; sonst schmutzig grün mit grüner Zeichnung, lebt familienweise; ♂ schwarz, Abdomen rot, Beine gelb. ♀ Hinterleib rotgelb mit rotbraunen Binden. — *L. rufus* Rtzb. Larve graugrün bis schwarz mit helleren Längsstreifen, Kopf schwarz; lebt familienweise; Schreckstellung durch Heben von Vorder- und Hinterkörper; ♀ Hinterleib rotgelb; ♂ schwarz, erstes Bauchsegment und Beine rot. Ueberwinterung als Ei! — *L. similis* Htg. Larve schwarz mit tiefgelber Zeichnung; Kopf schwarz; lebt einzeln. ♂ Hinterleib schwarz und braun gebändert. ♀ von *L. pini* nicht zu unterscheiden.

*Nematus.* Wespen etwa so groß wie Lophyrus. Fühler borstenförmig. Larven zwanzigfüßig frei oder in Gallen lebend. Puppe im Cocon am Boden. — *N. abietinus* Dahlb. Larve ebenso hellgrün wie die Fichtennadeln zwischen denen sie am jungen Trieb lebt. Kot gelb schmierig. Nadelreste rot, Endknospe unbeschädigt. — *N. saxesenii* Htg. in eben erscheinenden Maitrieben der Fichte zerstört die Larve die Knospe. — *N. erichsonii* Htg. Larve grau; *N. laricis* Htg. Larve grün, beide an Lärche. — *N. angustus* Htg. Larve in Weidenruten. — *N. pentandrae* Rtzb. Larve in Holzgallen der Weide. — *Cladius viminalis* Pall. Larve gelb mit schwarzen Flecken und schwarzem Kopf. Pappel. — *Hylotoma pullata* Zadd. an Birke. — *Strongylogaster multifasciata* Rby. (*Tenthredo cingulata* Fabr.). Larve graugrün an Adlerfarn; Puppe in Kiefernborke.



Fig. 214. Raupe von Cladius viminalis (aus Henschel).

*Cimbex*, Keulenblattwespen. Fühler kurz, keulenförmig, Hinterleib breit (Fig. 215). Larven groß grüngrau, 22füßig, oft mit schwarzem Rückenstreif. Weiße Hautwärzchen, Kopf hell. Hautdrüsen in den Seiten spritzen zur Verteidigung wasserhellen Saft aus. Sitzen zum Kreise gerollt auf der Blattfläche. Larve überwintert im Cocon an Zweigen. Wespen ringeln in scharfem Schnitt Zweige von Birke, Pappel, Buche, Esche. Ueberwallungswülste. — *C. variabilis* Kl. Birke, Buche, Weide, Erle. — *C. lucorum* L. Birke, Weide, Erle. — *C. amerinae* Kanw. Weide. Cocon gegittert.



Fig. 215. Cimbex variabilis (aus Leunis).

*Selandria.* Larven schneckenartig nackt naßglänzend. — *S. annulipes* Kanw. Linde; skelettiert die Blätter, die sich bräunen und rollen.

2. Fam. *Lydidae.* Gespinstblattwespen. Kopf breit; Fühler fadenförmig, Körper lang; Hinterleib breit, flach, scharfrandig. Beide Geschlechter fast gleich. Ei lang, gekrümmt, an beiden Enden spitz. Larven mit 6 Brustbeinen, Hinterleib nur mit 2 spitzen Seitendornen. Leben in oft Kot enthaltenden Gespinsten; überwintern im Boden. Flugzeit: April bis Juni. Larven fressen 2 Monate; lange Ruhe derselben im Boden (1—2 Jahre). *Lyda stellata* Chr. (*pratensis* F.) Kiefernbestand-Gespinstblattwespe. Gespinst schwach, Bestandsverderber. — *Lyda erythrocephala* L. Blaue Kiefernblattwespe. — *Lyda hieroglyphica* Chr. (*cam-*

*pestris* L.) Kiefernkotsack-Gespinstblattwespe. In Kulturen. — *Lyda abietis* L. (*hypotrophica* Htg.) Fichtenkotsackblattwespe. Zahlreiche Raupen in oft großen braunen Kotsäcken an Fichte. (Vgl. II. p. 257).



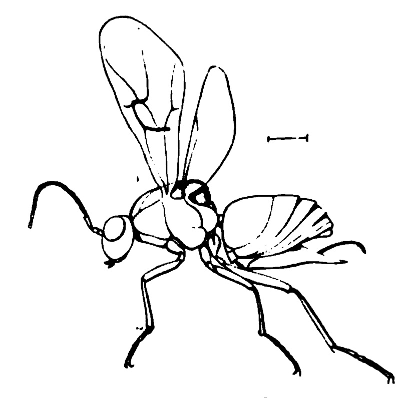
**Fig. 216. Lyda campestris. a Wespe, b Larve (aus Henschel).**

3. Fam. *Uroceridae.* Holzwespen. Fühler fadenförmig, 11—30 gliedrig; Schienen der Vorderbeine an der Spitze nur mit einem Dorn, Füße 5 gliedrig; ♂ und ♀ in Größe und Zeichnung verschieden. Abdomen des ♀ rund des ♂ plattgedrückt. ♀ mit sehr langem, vorstehendem Legebohrer. Larven ohne Bauchfüße weißlich, weich, mit 3 wenig ausgebildeten Brustfüßen und zugespitztem, in einen Dorn auslaufendem letztem Ringe. Verpuppung meist ohne Cocon. Die Eier werden einzeln von den ♀ mit dem Legebohrer tief in das Holz toter Nadelhölzer versenkt. Die Larven fressen im Holze einen langen fest mit Bohrmehl verstopften Gang, an dessen Ende sie sich verpuppen; die Wespe frißt sich ein kreisrundes Flugloch, selbst durch umgebende Bleiplatten. — *Sirex juvencus* L. Kiefernblattwespe. Blauschwarz. — *S. gigas* L. Gelbe Fichtenholzwespe. Hinterleib des ♂ schwarzbraun mit rotbrauner Querbinde, des ♀ gelb mit schwarzer Binde. — *S. spectrum* L. Schwarze Tannenholzwespe. Schwarzbraun. Da die Larven sich in sterbendem, totem, längst verbautem Holz entwickeln, schwankt ihre Entwicklungsdauer und ihre Größe bedeutend, z. B. für *S. juvencus* zwischen 12 und 36 mm.

§ 84. 2. Unterordn. Apocrita. Brustabschnitt aus den 3 Brust- und dem 1. Hinterleibsringe geformt; Hinterleib gestielt; Larve madenähnlich, afterlos.

Ueberfam. Terebrantia. ♀ mit freistehendem Legebohrer.

Fam. *Cynipidae.* Gallwespen (Fig. 217). Fühler 12—16 gliedrig; 2 Schenkelringe. Die Ferse der Vorderbeine bildet mit dem Schienendorn einen Kammapparat zum Reinigen der Fühler; Flügelgeäder stark rückgebildet ohne Flügelmal. Mundteile werden zum Nagen des Flugloches benützt; keine Aufnahme von Nahrung, höchstens von Wasser; Hinterleib seitlich sehr zusammengedrückt, zweites und drittes Segment oft verwachsen, mit verschieden gestaltetem Legebohrer. Die langgestielten Eier werden in wachsenden Pflanzenteilen mit wenigen Ausnahmen an Eichen, untergebracht, deren Gewebe durch ein Sekret des ♀ und durch die Larve gereizt Gallen erzeugt; Sitz, Form und innerer Bau der Gallen sind je nach der sie erzeugenden Wespenart verschieden; sie können an allen Teilen der Pflanze vorkommen: an Wurzeln (*Biorhiza aptera*), Rinde des Stämmchens (*Cynips sieboldi*), Triebspitzen (*Cynips terminalis*), Knospen (*C. gemmae*), Blättern (*C. quercus folii*), Blattstielen, Fruchtknoten, Blütenkätzchen (*Andricus pilosus*) usw., sie sind glatt, rauh, klebrig, weich, hart, behaart, bedornt und je nach der Zahl der abge-


**Fig. 217. Rhodites rosae ♀ (aus Sharp).**

legten Eier ein- oder mehrkammerig. Larven weißlich, gekrümmt, häuten sich nicht. Fortpflanzung mancher Arten nur parthenogenetisch, bei anderen gamogenetisch, in beiden Fällen fast immer mit Heterogonie, mit gleichzeitig verschiedener Gallenform der Generationen. Manche Arten entwickeln sich als Wohnungsparasiten (Einmieter), *Inquilinen*, der rechtmäßigen Bewohnerin neben oder an Stelle der absterbenden Larve; als Einmieter leben die Larven der Gattung *Synergus*, noch andere als echte Schmarotzer in den Entwicklungsstadien sonstiger Insekten, wie *Figites scutellaris* Latr. in Sarcophaga-Maden. Einen Uebergang zwischen echten Gallenerzeugern und Einmietern bildet *Andricus curvator*, der seine Eier an die bereits von *Andricus pilosus* zur Gallenbildung gereizte Knospe legt, so daß an der reifen *Andricus fecundatrix* entlassenden Galle die von *A. pilosus* erzeugte Galle sitzt, welche später *A. collaris* Individuen entläßt.

Ihres Gehaltes an Gerbstoff wegen werden die von *Cynips calicis* Burgsd. und *C. tinctoria* Htg. erzeugten Galläpfel zur Herstellung von Tinte benutzt; viel umfangreicher ist ihre Verwendung in der Gerberei. — *Biorhiza aptera* Westw., parthenogenetisch, Gallen an Wurzeln und *Biorhiza terminalis* Mayr gamogenetisch, Gallen an Terminalknospen. — *Andricus fecundatrix* Mayr (Geschlechtsgeneration), Gallen an Blüten und die agame *A. pilosus* Adl. Gallen an Knospen. — *Andricus sieboldi* Htg. (agam) Gallen an Blattrippen und *A. testacipes* Htg. (Geschlechtsgeneration). Gallen in Rinde junger Eichen, die absterben. — *Rhodites rosae*, moosartige Wucherungen an Rosenfrüchten.

Die folgenden Familien werden von früherher unter dem Sammelbegriffe „Schlupfwespen" (*Entomophaga*) zusammengefaßt. Nachdem die Wespen ihre Eier in oder an den Körpern anderer Insekten oder ihrer Stände untergebracht haben, entwickeln sich die Larven in diesen unter Ernährung aus den Körpersäften der Wirte.

Fam. *Ichneumonidae*. Eigentliche Schlupfwespen. Größere Formen. Fühler lang. Flügelgeäder reich an Zellen (Fig. 218. 221); die Larven mit wenig ausgebildetem

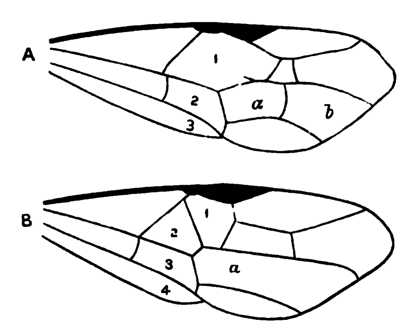



Fig. 218. Aderung der Vorderflügel A einer Ichneumonide, B einer Braconide. a, b Teilung der bei den Braconiden einheitlichen Zelle a (aus Sharp).

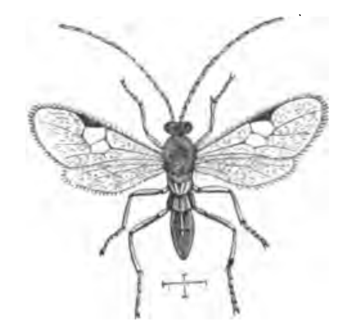


Fig. 219. Microgaster glomeratus (aus Taschenberg).

Kopf, aber stets mit deutlichen Mandibeln, leben in anderen Insektenlarven. *Anomalon* (*Exochilum*) *circumflexum* L. Hinterleib seitlich zusammengedrückt, hinten stärker, gelbrot, an Spitze schwarz. 20—30 mm. In der Kiefernspinnerraupe, entwickelt sich erst in deren Puppe. — *Ophion merdarius* Grav. Braun; Cocon schwarz mit weißem Gürtel, unter Moos, Larve in Forleulenraupen.— *O. luteus* Grav. Wirt: Eulen- und Spinnerraupen. — *Banchus compressus* F. Cocon schwarz, unter Moos, Wirt: Forleule. — *Rhyssa persuasoria* L. Wirt: Sirexlarven. — *Ephialtes manife-*

*stator* L. Wirt: *Bockkäferlarven.* — *Pimpla musii* Htg. Mehrere Larven in einer Spinnerraupe. Puppe in Sondercocons innerhalb jenes der Spinnerpuppe. — *P. instigator* F. Wirt: Alle Spinner, Forleule. — *Tryphon lophyrorum* Htg., Wirt: Lo-

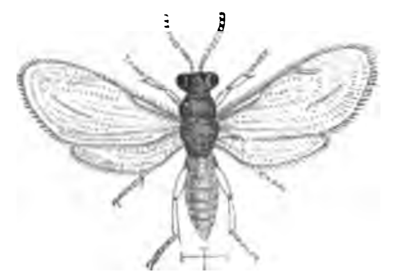


Fig. 220. Pteromalus puparum (aus Taschenberg).

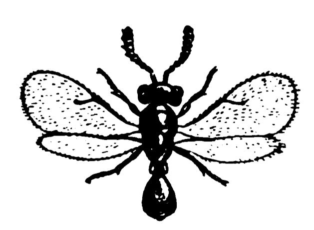


Fig. 221. Teleas laeviusculus ♀ (aus Leunis).

phyrus. — *Ichneumon nigritarius* Grav. Wirt: Kiefernspanner, Forleule. — *T. holmgreni* Schmied Wirt: Kiefernspinner.

Fam. *Braconidae.* Afterschlupfwespen. Den Ichneumoniden ähnlich, durchschnittlich kleiner, mit weniger Flügelqueradern (Fig. 218 B); Fühler ungekniet, gliederreich; Hinterleib wenig beweglich; Larven in Kerbtierlarven und Puppen. Zur eigenen Verpuppung bohren sie sich nach außen und spinnen weiße oder gelbliche seidenglänzende Cocons. — *Microgaster glomeratus* Latr. In den Raupen des großen Kohlweißlings häufig (Fig. 219). — *M. gastropachae* (*M. nemorum*; *Apanteles rubripes*). Zahlreiche weiße Cocons auf sterbenden Raupen des Kiefernspinners. — *Meteorus versicolor* Wesm. Cocon 3 mm lang, hängt an langem Faden an Nadeln, Wirt: Kiefernspinnerraupe; derselbe stirbt frühzeitig.

Fam. *Chalcididae.* Erzschlupfwespen. Kleine bis kleinste, oft metallglänzende Formen mit kurzen geknickten Fühlern; Vorderflügel mit nur einer Ader; Legebohrer an der Bauchseite vor der Abdomenspitze entspringend; Puppen ohne Cocon. Larven meist in Rinden- und Holzkäfern, Raupen und Puppen, einige verzehren Samen, andere entwickeln sich in Gallen. — *Blastophaga grossorum* Grav. Fruchtknotengallen der Feige. — *Pteromalus puparum* L. in der Raupe von *Vanessa polychloros* L. (Fig. 220). — *Megastigmus strobilobius* Rtzb. Larve in den Samen der Tanne. — *Megastigmus spermotrophus* Wachtl in den aus Amerika importierten Samen der Douglastanne.

Fam. *Proctotrypidae.* Kleinste, dunkle Schlupfwespen mit graden oder gebrochenen Fühlern kaum noch geaderten Flügeln und zugespitztem Hinterleibe, an dessen Spitze der Legestachel entspringt; vielfach in Schmetterlingseiern, Puppe in Cocon. — *Teleas laeviusculus* Rtzb. im Ei des Kiefernspinners (Fig. 221).

Ueberfam. Aculeata. Weibchen mit zurückziehbarem Giftstachel.

Fam. *Formicidae.* Ameisen. Ein Schenkelring; Kopf senkrecht; Fühler gekniet; Hinterleib gestielt. Polymorphismus: geflügelte ♂; ♀ geflügelt, aber nach der Begattung die Flügel abwerfend, flügellose Arbeiter sind geschlechtlich verkümmerte Weibchen mit seitlich zusammengedrückter Brust; neben den Arbeitern treten bei manchen Arten auch noch „Soldaten“ mit großem Kopfe und mächtigen Vorderkiefern auf. Bei den ♂ und ♀ ist die Mittel und Hinterbrust, bei den Arbeitern die Vorderbrust am stärksten ausgebildet; ♀ und Arbeiter haben eine Giftdrüse, deren Sekret dem Feind entgegengespritzt oder in die mit starken Kiefern gebissene Wunde geträufelt wird; nur bei einigen Myrmicinen ist ein

Stachel entwickelt. Im Sommer findet die Begattung im Fluge statt, dann sterben die ♂, die ♀ verlieren die Flügel und kehren in das Nest zurück, oder gründen neue Kolonien. Eier länglich, Larven madenähnlich mit deutlichem, stark chitinisiertem

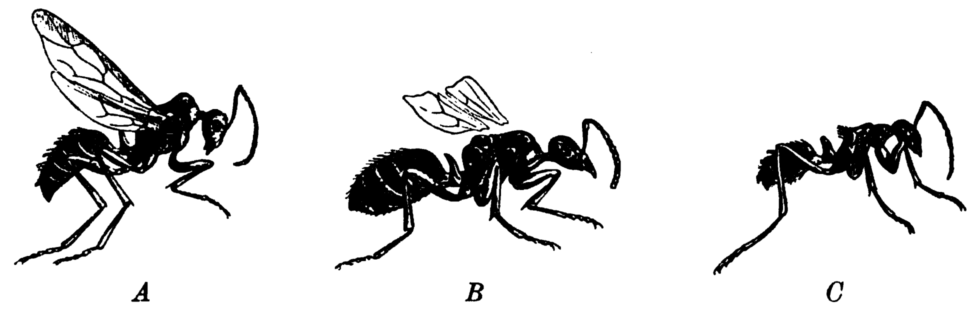



Fig. 222. Camponotus herculeanus. A ♂, B ♀, C Arbeiter (aus Leunis).

Kopfe, werden gepflegt, umhergetragen, gefüttert, verteidigt. Verpuppung in seidenem Cocon „Ameisenei". Leben zahlreich zusammen in Staaten; bauen Wohnungen indem sie Kammern und Gänge in der Erde graben, in Holz ausnagen, oder pflanzliche Stoffe und Erde aufhäufen oder mauern; manche Arten leben nur als Gäste in fremden Staaten; viele Arten rauben die Arbeiter anderer Arten, um sie als Sklaven zu halten; die Baue beherbergen mancherlei Insekten als Wohnungsparasiten, „Ameisengäste". Solche myrmekophile Insekten sind Claviger (Käfer) und Cetonienlarven. Die Ameisen suchen Blattläuse auf, deren süßen Harn zu verzehren. „Ameiseneier" werden gesammelt, dienen als Vogelfutter. Die Ameisen verzehren tierische und pflanzliche Stoffe, Insekten, beschleunigen die Verwesung von Baumstubben, gehen nach Süßigkeiten in Häuser.

Unterfam. *Formicinae.* Drüsenameisen. Hinterleibsstiel vom 1. (unechten) Abdominalringe gebildet. — *Camponotus herculeanus* L.; *C. ligniperdus* Latr. Riesenameisen (Fig. 222) legen ihre Wohnungen in gesunden Fichten und Tannen an, zerstören das Sommerholz. — *Formica rufa* L. Braune Waldameise.

Unterfam. *Myrmicinae.* Knotenameisen. Hinterleibsstiel von den beiden ersten, knotig verdickten Ringen gebildet. — *Lasius fuliginosus* Latr. schwarze Stockameise.

Fam. *Vespidae.* Faltenwespen. Mundteile ausschließlich beißend; Schenkelring einfach, Beine ohne Sammeleinrichtung, Vorderflügel in der Ruhe längsgefaltet; am Hinterleib der ♀ ein Giftstachel mit Blase. Einzeln oder gesellig lebend, im letzteren Falle mit Dimorphismus der ♀. Brutzellen der einsam lebenden im Boden oder in Stengeln aus Lehm oder Sand gebaut, selten mit Honig, meist mit Insektenlarven oder Spinnen als Nahrung für die Larven gefüllt. Die in Gesellschaften lebenden bauen Nester aus zernagtem Holz, Waben einzeln oder etagenweise übereinander und mit blätteriger Hülle umgeben, frei oder in Höhlen. Das im Herbst befruchtete ♀ überwintert, baut im Frühjahr ein Nest, erzeugt erst Arbeiter, im Spätsommer Geschlechtstiere. Nahrung von Kleintieren und Pflanzensäften, die oft durch Benagen von Baumrinde zum Ausfließen gebracht werden. — *Vespra crabro* L. Hornisse, benagt die Rinde von Erle, Esche, Weide, Linde, Pappel um Baustoffe zu gewinnen. — *V. vulgaris* L.

Fam. *Sphegidae.* Grabwespen. Fühler ungebrochen, Beine lang. Verzehren Pollen und Honig. Stets solitär lebend; graben Gänge im Boden oder trocknen Holz, in welchem Brutzellen angelegt werden. In jede wird ein Ei und durch einen

Stich gelähmte Insektenlarven als Nahrung zugetragen, worauf die Zelle verschlossen wird, oder die Larven werden dauernd mit frischem Futter versorgt. — *Crabro cribrarius* L.; *Sphex maxillosus* Fbr. — Ebenso lebt *Pompilus viaticus* L.

Fam. *Apidae*. Blumenwespen, Bienen. Mundteile beißend-saugend (Fig. 211); Schenkelring einfach; Vorderflügel nicht faltbar; Hinterbeine der ♀ meist mit Sammeleinrichtung in Form starker Behaarung an der Innenseite des ersten Tarsalgliedes oder als Verbreiterung der Schienen und Tarsen (Fig. 224) (Schienensammler). Hinterleib ganz kurz gestielt, oft stark behaart (Bauchsammler). Einsamlebende oder gesellige oder bei anderen brutschmarotzende Arten; die geselligen mit Polymorphismus (Fig. 223), da neben Geschlechtstieren auch Arbeiter auftreten. Diese und die Weibchen mit Giftstachel. Wohnungen in der Erde, in Mauern und hohlen Bäumen, aus Erde oder dem zwischen den Hinterleibsringen austretenden Wachse erbaut, in Form von Zellen, die zu Waben vereinigt sein können; Nahrung Blumennektar und der daraus im Darme bereitete und wieder ausgebrochene Honig; Larven mit Honig und Pollen gefüttert. — *Apis melifica* L. Honigbiene (Fig. 223).

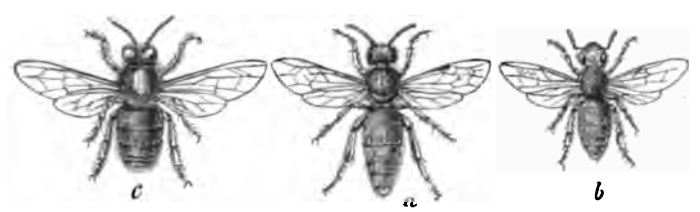



Fig. 223. Apis mellifica. a Königin, b Arbeiterin, c Drohne (aus Claus).

Fig. 224. a Hinterbein der Arbeiterin von Apis mellifica. K Körbchen auf der Tibia, B vergrößertes Tarsalglied mit dem Bürstchen auf der Unterseite. — b Bürstchen, stärker vergrößert (aus Claus).

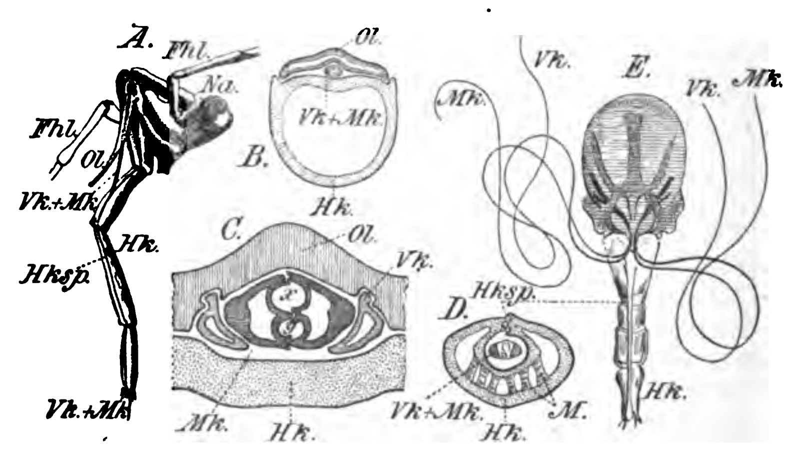



Fig. 225. Mundwerkzeuge von Rhynchoten. A Kopf und Rüssel von Pentatoma. Die Enden der Fühler sind weggelassen und des besseren Verständnisses halber der Rüssel geknickt, sowie die Oberlippe abgehoben gezeichnet. Fhl. Fühler, Na. Netzauge, 6/1 n. Gr. B., C. u. D. halbschematische Querschnitte durch den Rüssel von Notonecta glauca L. B. Querschnitt durch den Grundteil des Rüssels. C. Teil desselben Querschnittes stärker vergrößert. D. Querschnitt durch das Rüsselende, doppelt so stark vergrößert als B. E. Kopfkapsel und Mundwerkzeuge eines überwinternden Weibchens von Chermes. Die Stechborsten sind aus der Rüsselscheide herausgezogen, also in unnatürlicher Stellung. 70/1 n. Gr. Ol. Oberlippe, Vk. Vorderkiefer, Mk. Mittelkiefer, x. Saugkanal, y. Speichelkanal, Hk. Hinterkiefer oder Unterlippe, Hksp. vordere Längsspalte der Unterlippe, M. Muskulatur (aus Nitsche).

— *Bombus*, Hummeln. Körper plump; Nest in Erdlöchern; tragen Pollen und Honig ein, bauen aber keine Waben. *Bombus hortuorum* L.

§ 85. 15. Ordn. Rhynchota [Hemiptera]. Schnabelkerfe. Schnabel-

tragende Insekten mit stechenden saugenden Mundteilen, meist freiem Prothorax und unvollkommener Verwandlung.

Der rüsselartige, an der Vorder- oder Unterseite des Kopfes entspringende, von der verlängerten Unterlippe gelieferte Schnabel (Fig. 226) ist meist gerade und 3—4 gliedrig; stellt eine mit den Rändern oben zusammengebogene Röhre dar, die an der klaffenden Basis von der dreieckigen Oberlippe („Clipeus") bedeckt ist; alle Taster fehlen. Der im Schnabel eingeschlossene Saugapparat besteht aus vier hohlen Stechborsten, von denen jedoch das mittlere Paar aus den Mittelkieferladen gebildet der Länge nach zusammenhängt, also scheinbar nur eine Borste bildet, während die beiden äußeren, die Vorderkiefer, stets frei sind. Jede Mittelkieferlade besitzt an der Innenkante 2 Längsrinnen, die sich mit den gegenüberliegenden zu 2 Röhren vereinigen. Beim Saugen werden nur die Stechborsten in den Tier- oder Pflanzenkörper versenkt, während der Schnabel sich an den Gelenkstellen der Glieder zusammenknickt (Fig. 225 A), dabei werden durch die obere Röhre (Fig. 225 C x) die Säfte der befallenen Tiere oder Pflanzen eingesogen, während durch die andere (y) aber Speichel in die verursachte Wunde eindringt. Seine Giftigkeit erzeugt Reize und Wucherungen (Gallen) oder hemmt die Gerinnung des Blutes. Fühler von verschiedener Länge. Vorderbrust oft sehr groß; frei beweglich. Die zusammengesetzten Augen sind klein, oft finden sich zwei Punktaugen. Die Beine dienen zum Laufen oder auch Springen, Schwimmen (Hinterbeine) oder zum Rauben (Vorderbeine *Nepa*, Fig. 23). Neben flügellosen gibt es Rhynchoten mit einem und solche mit zwei Flügelpaaren; entweder sind beide Paare mehr oder minder gleichartig häutig (*Homoptera*), oder die Vorderflügel großenteils lederartig fest (*Heteroptera*). Hinterleib ursprünglich aus 8 stigmentragenden Segmenten, bei Homopteren oft mit Wachsdrüsen auf der Oberseite. Nur 3—4 Bauchganglien. Speicheldrüsen groß. Mitteldarm mehrfach geteilt; 4 Malpighische Gefäße. Meist nur 4—8 Eiröhren; Begattungstasche fehlt, ein Legestachel nur bei den Zikaden. Geschlechtsdimorphismus tritt bei manchen Wanzen, den Singzikaden und Schildläusen auf. Ovipar oder vivipar. Verwandlung unvollkommen (vgl. Schildläuse), verläuft häufig rasch, dauert bei manchen auch mehrere Jahre; meist treten die Flügelstummel schon bei der ersten Häutung der Larve auf. Manche bringen Töne hervor, leben parasitisch an Tieren und Pflanzen oder als Räuber.

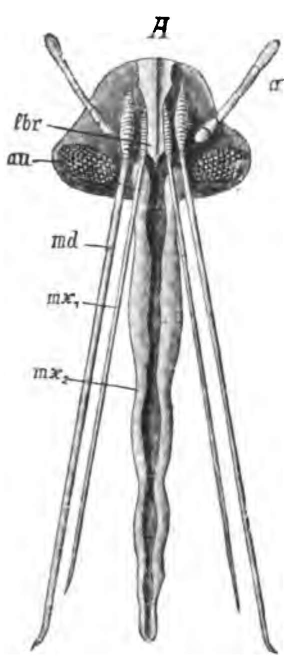



**Fig. 226. Mundteile von Pentatoma. a Antenne, au Netzauge, lbr Oberlippe, md Vorder-, $mx_1$ Mittel-, $mx_2$ Hinterkiefer (aus Lang).**

1. Unterodn. H e t e r o p t e r a [H e m i p t e r a]. Wanzen. Kopf frei beweglich, Schnabel an der Spitze entspringend; Mittelbrust mit deutlichem, oft sehr großem Halsschild, Scutellum. Die zu stärkeren Decken ausgebildeten Vorderflügel sind in der größeren Grundhälfte (Corium) lederartig, in der kleineren Spitzenhälfte (Membran) häutig (Fig. 227), dem Körper in der Ruhe fest und flach aufliegend; ihre häutigen Spitzen decken dabei einander.

Auf der Bauchseite der Hinterbrust — bei den Larven auf deren Rückenseite — münden 2 Stinkdrüsen. Viele sind Räuber, manche saugen an Pflanzen, einige sind zeitweilig, andere dauernd Schmarotzer.

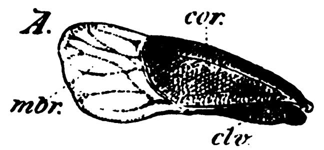



Fig. 227. Deckflügel von Pentatoma. cor. Corium, cfv. Clavus, mbr. Membran (aus Nitsche).

1. Ueberfam. Gymnocerata. Fühler vorgestreckt, 4—5 gliedrig, Schnabel lang. Meistens Landbewohner.

Fam. *Pentatomidae.* Schildwanzen. Schildchen sehr groß; leben räuberisch. *Mormidea nigricornis* L. Oft auf Eichen. — *Pentatoma rufipes* L. Gemeine Baumwanze. Auf Bäumen, saugt Raupen und Puppen aus.



Fig. 228. Mormidea nigricornis (aus Leunis).

Fam. *Aradidae.* Rindenwanzen. Sehr flach, Seitenränder des Hinterleibes überragen die Flügeldecken, Punktaugen fehlen. Braun wie die Rinde, unter der sie saugen. — *Aradus cinnamomeus* Panz., Kiefernrindenwanze.

Fam. *Lygaeidae.* Langwanzen. *Pyrrhocoris apterus* L. Feuerwanze. Unterflügel verkümmert, auffallend schwarz und rot gezeichnet, oft massenhaft am Stamm von Linden.

Fam. *Acanthiidae.* Hautwanzen. Körper flach, flügellos. *Cimex* (*Acanthia*) *lectularius* L. Bettwanze.

Fam. *Reduviidae.* Schreitwanzen. Hals schmal, Kopf frei vortretend, Schnabel groß gebogen, Beine kräftig. — *Harpactor iracundus* Pod. Mordwanze. Auf Sträuchern, sticht sehr empfindlich.

Fam. *Hydrometridae.* Wasserläufer. Körper schmal, flügellos; laufen auf der Wasseroberfläche. *Hydrometra stagnorum* L.

2. Ueberfam. Cryptocerata. Wasserwanzen. Körper gestreckt, Kopf so breit wie die Brust, Fühler kürzer als der Kopf, 3—4 gliedrig, versteckt, Schnabel kurz. — *Notonecta glauca* L. Rückenschwimmer. *Nepa cinerea* L. Wasserskorpion; beide sind Feinde der Fischbrut.

2. Unterordn. Homoptera. Kopf unbeweglich mit der Vorderbrust verbunden, Flügel meist gleichartig, häutig, in der Ruhe dachförmig getragen, Schnabel unter dem Kopfe an der Kehle entspringend; mit Legestachel; saugen nur Pflanzensäfte.

1. Ueberfam. Cicadoidea. Zikaden, Zirpen. Kopf breit, Fühler 3 gliedrig, letztes Glied eine dünne Borste, Vorderflügel oft stärker chitinisiert, lederartig; Hinterextremitäten oft zu Springbeinen verlängert, mit welchen die Tiere sich zum Fluge abstoßen. Fast immer 3 Fußglieder; Weibchen mit Legestachel; Eier in der Erde oder unter der Oberhaut von Pflanzen untergebracht.

Fam. *Cercopidae.* Stirnzirpen. Stirn blasig aufgetrieben; Larven leben auf Kräutern und Baumzweigen in Schaummassen gehüllt, die sie durch Einpressen von Atemluft in ihre flüssigen Exkremente herstellen. *Aphrophora* (*Cercopis*) *spumaria* L. Gemeine Schaumzirpe (Fig. 229).

Fam. *Fulgoridae.* Leuchtzirpen. Leuchten nicht. — *Flata limbata* Fabr. Hinterleib mit Wachsausscheidungen, Chinawachs des Handels.

2. Ueberfam. Psylloidea. Blattflöhe (Fig. 230). Kleine und zarte Homopteren mit Sprungvermögen, 3 Punktaugen, langen dünnen Fühlern, 2gliedrigen Tarsen und meist chitinisierten Vorderflügeln; Haut mit Wachs absondernden Drüsen; ihr Saugen an Pflanzen ruft oft Verbildungen hervor. — *Psyllopsis fraxinicola* Fst. Eschenblattfloh; überwintert als Imago.

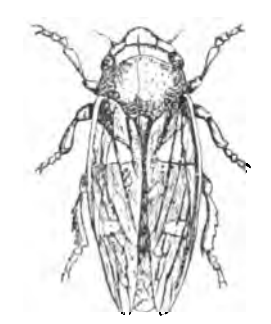


Fig. 229. Gemeine Schaumzirpe, Cercopis spumaria (aus Leunis).

3. Ueberfam. Phytophthires. Pflanzenläuse. Weichhäutige Homopteren, gewöhnlich mit 2 Punktaugen, meist langem, der Vorderbrust angewachsenem Schnabel, ungeflügelt oder mit häutigen gleichgebildeten Flügeln; Wachsdrüsen sind sehr verbreitet.

1. Fam. *Aphidae.* Blattläuse. Höchstens 2 Punktaugen, 2 Paar durchsichtige Flügel; Vorderflügel mit vier Schrägadern; fadenförmige, 4—6 gliedrige Fühler, oft auch fehlend. Beine gewöhnlich schlank, mit zwei Fußgliedern; auf dem vorletzten Hinterleibssegmente Rückenröhren oder Rückenporen. Generationswechsel zwischen gamogenetischen und parthenogenetischen, ovi- und viviparen, geflügelten und ungeflügelten (Ammen-)Generationen. Dimorphismus zwischen gamogenetischen und parthenogenetischen ♀. Die Eier der letzteren durchlaufen bereits in den langen Eiröhren ihre Embryonalentwicklung. Drei Häutungen bestehen die Geflügelten, die Ungeflügelten deren vier. Die Blattläuse bewohnen eine oder zwei Wirtspflanzen, zwischen welchen einzelne Generationen in regelmäßigem Wechsel wandern, sie leben einzeln und kolonienweise, frei auf oberirdischen Pflanzenteilen und in Gallen, die sie durch ihr Saugen hervorrufen, oder unterirdisch an Wurzeln; ihre flüssigen, zuckerhaltigen Faeces können als „Honigtau" einen glänzenden, firnisartigen Ueberzug auf Blättern herstellen.

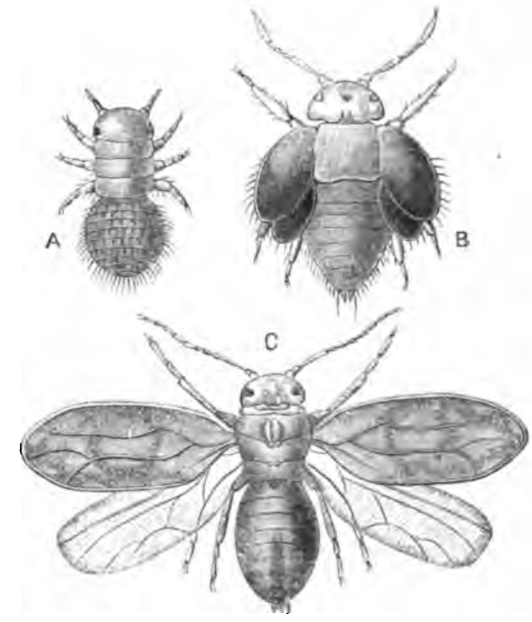



Fig. 230. Psylla succincta. A Larve vor der ersten Häutung, B Larve nach der dritten Häutung, C Imago (nach Heger aus Sharp).

1. Unterfam. *Aphinae.* Echte Blattläuse. Schlanke Formen mit fadenförmigen langen, 4—6gliedrigen Fühlern, schlanken Beinen und gewöhnlich mit Rückenröhren, Honigröhrchen genannt, die aber kein Sekret ausscheiden; die parthenogenetischen Bruten sind vivipar. Die Fortpflanzung geht gewöhnlich von befruchteten, überwinternden Eiern aus, denen im Frühjahr ungeflügelte Larven entschlüpfen. Nachdem diese nach mehreren Häutungen zu ungeflügelten Weibchen ohne Samentasche geworden sind, bringen sie auf agamem Wege lebendige Junge hervor, die derselben Entwicklung unterliegen; eine derartige Brutfolge pflegt sich den ganzen Sommer hindurch fortzusetzen, bis im Herbst eine agame Generation Flügel erhält und auf die bisherige Weise die einzige gamogenetische Brut er-

zeugt. Diese letztere, die Geschlechtstiere, besteht aus geflügelten ♂ und ungeflügelten, aber mit Samentasche versehenen ♀, die nach der Begattung ein oder wenige dickschalige Wintereier legen und damit den heterogenetischen Kreis schließen.

*Aphis.* Das sechste Fühlerglied mit Endborste. Rückenröhren lang vorstehend. Dritte Schrägader der Vorderflügel in zwei Aeste gegabelt. Meist grün oder gelb gefärbte geflügelte oder ungeflügelte vivipare Generationen; im Herbst kleine geflügelte ♂ und größere ungeflügelte ♀, die hartschalige Wintereier legen. Fast ausschließlich auf Blättern und Trieben von Laubholz — *Aphis brassicae* L. *Siphonophoa rosae* L.

*Lachnus.* Das sechste Fühlerglied ohne Endborste. Lange Rückenröhren fehlen; dritte Schrägader in drei Aeste geteilt. Farbe gelb oder braun. Wachsdrüsenabsonderung ein weißer Flaun. Dimorphismus wie bei *Aphis*; ♂ geflügelt oder ungeflügelt. Häufig monophag, saugen meist an Rinde. — *Lachnus fagi* L. Buche; an Unterseite der Blätter junger Triebe, Wolle blauweiß. — *Lachnus quercus* L., Eiche. Eier schwarz, über Winter in großer Zahl an jungen Trieben. — *Lachnus exsiccator* L. Saugen an Buchenzweigen, welche absterben, nachdem die Rinde aufgeplatzt ist. — *Lachnus pini* Rltb. An Jungtrieben der Kiefer durch Ameisen und Coccinellen verraten. — *Lachnus grossus* Nlt. Groß, schwarz, an Rinde im älteren Fichtenstangenholz.

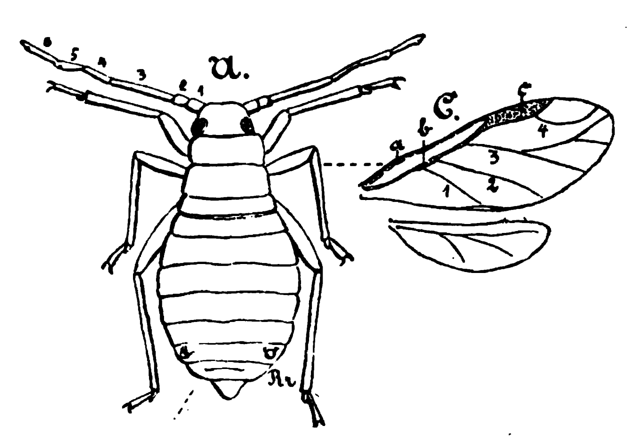


**Fig. 231. Lachnus fagi. A ungeflügelte jungfräuliche Mutter, 52/1 n. Gr. 1—6 erstes bis sechstes Fühlerglied, Rr rudimentäre Rückenröhren. C Flügel. a Randader, b Unterrandader, c Stigma, 1—4 die vier Schrägadern (aus Nitsche).**

*Schizoneura.* Fühler und Rückenröhren wie *Lachnus*. Dritte Schrägader gegabelt. *Schizoneura lanuginosa* Htg. Große blasige Gallen an Ulmenblättern. — *Sch. ulmi* L. Gallen am Blattrand, Ulme. — *Sch. compressa* Koch. Hahnenkammgallen auf Ulmenblättern. — *Sch. lanigera* Hausm. Blutlaus an der Rinde des Apfelbaumes. — *Sch.* (*Mindarus*) *abietinus* Koch. Weißtannentrieblaus. Umdrehung der Nadeln, Rotwerden, Deformation der Triebe verursachend.

*Pemphigus.* Fühler und Rückenröhren wie bei *Lachnus*. Dritte Schrägader ungegabelt. *P. nidificus* F., *P. bumelia* Schr. an Esche, *P. bursarius* L., an Blattstielen der Pappel. — *P.* (*Tetraneura*) *ulmi* Geer. Bohnenförmige Gallen auf Ulmenblättern. Wirtswechsel mit Gramineen. — *P.* (*Holzneria*) *poschingeri* Holzn. Zahlreiche ungeflügelte Generationen an Wurzeln der Tanne, im Herbst Geflügelte; Geschlechtstiere sehr klein.

2. Unterfam. *Phylloxerinae.* Afterblattläuse.

Kleine, gedrungene Pflanzenläuse, mit 2—3 Punktaugen, kurzen, höchstens 5 gliedrigen Fühlern und Beinen, mit 2 gliedrigen Füßen, sparsam geaderten Flügeln, stets ohne Rückenröhren; Fortpflanzung nur ovipar.

*Chermes* L. Koniferenlaus (Fig. 232). Die parthenogenetischen ♀ mit zahlreichen, reihenweise die Oberseite besetzenden Wachsdrüsenplatten, die Geflügelten tragen die Flügel dachartig zusammengelegt, sie besitzen 5-gliedrige Fühler; die Geschlechtstiere mit ausgebildetem Mund und Darm und viergliedrigen Fühlern. Der Lebenszyklus spielt sich auf zwei Wirtspflanzen ab, der Fichte und einer anderen Konifere der Lärche, Tanne oder Kiefer. Als Beispiel der verwickelten Heterogonie mögen die bei *Chermes abietis* herrschenden Verhältnisse gelten.

Auf der Fichte findet man über Winter an den Knospen eine kleine schwarze Laus. Zeitig im Frühjahr beginnt sie zu saugen, Wolle abzusondern und als *Fundatrix* Eier zu legen. Gleichzeitig bildet sich eine Knospengalle; jede Nadel verwächst zu einer Gallenkammer. In die Galle wandern die jungen Nachkommen der Funda-

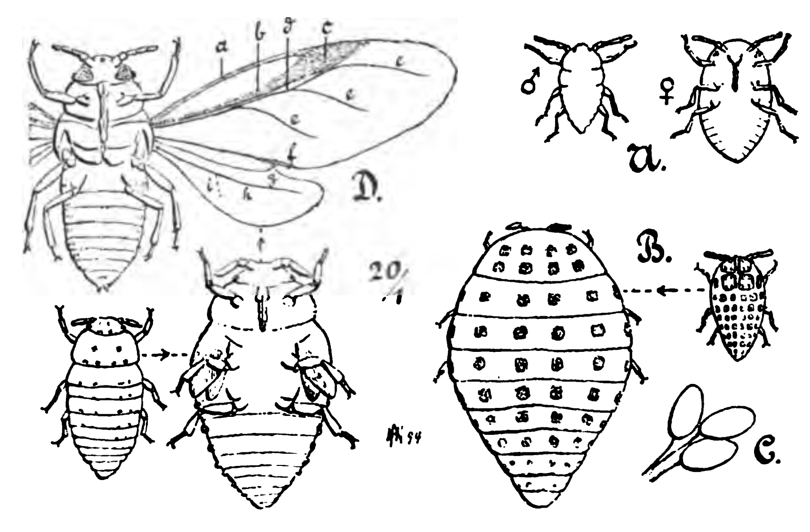



Fig. 232. Uebersicht über die Hauptformen der Gattung Chermes, durchweg 20/1 nat. Größe. Die verschiedenen Zustände eines und desselben Individuums sind durch punktierte Linien verbunden. A Die geschlechtliche Generation von Ch. coccineus, das ♂ von oben, das ♀ von unten gesehen. B Ungeflügelte jungfräuliche Mutter, Stammutter von Ch. Abietis, deren Stich die Fichtengallen erzeugt, von oben gesehen. Rechts im überwinternden Larvenzustande, links als reife Frühjahrsform. C Die gestielten Eier der letzteren. D Geflügelte jungfräuliche, aus der Galle hervorgekommene Mutter von Ch. Abietis. Links unten als gallenbewohnende Larve, rechts unten als Nymphe mit Flügelscheiden, oben als reife geflügelte Mutter (aus Nitsche).

trix ein. Die Galle reift, platzt und entläßt ihre Bewohner als Nymphen. Sie häuten sich, bekommen Flügel und fliegen als Migrantes alatae oder Cellares monocae

entweder auf die nächsten Fichtennadeln; hier legen sie parthenogenetisch Eier. Daraus entstehen ungeflügelte Läuse, die an der Knospe als Fundatrices überwintern (kleiner agamer Fichtenzyklus);

oder hinweg auf die Lärche (Cellares dioecae), legen ebenfalls parthogenetisch Eier. Daraus entstehen ungeflügelte Läuse, die an der Rinde der Lärche überwintern (Emigrantes, Hiemales), im Frühjahr Wolle absondern und Eier legen. Daraus entstehen ungeflügelte Läuse, welche

entweder an der Nadel kurze Zeit saugen und sich an die Rinde begeben, um als Hiemales zu überwintern und im nächsten Frühjahr wieder Hiemales zu erzeugen (kleiner agamer Lärchenzyklus);

oder sie verwandeln sich an den Nadeln in geflügelte Sexuparae, welche zur Fichte zurückfliegen und dort parthenogenetisch Eier legen. Aus diesen Eiern

entstehen ♂ und ♀ (Sexuales). Das ♀ legt unter eine Rindenschuppe ein befruchtetes Ei, aus welchem im September die Fundatrix hervorkommt, welche an die Knospe zur Ueberwinterung wandert.

Bei *Chermes* (*Cephalodes*) *strobilobius* ist der Hiemalis-Cyclus komplizierter; bei anderen Arten fehlt noch der Nachweis für den Verbleib einiger Generationen. Die Läuse der einzelnen Generationen sind morphologisch verschieden. Die Form und Gestalt der Gallen ist für einzelne Arten charakteristisch, von manchen sind die Gallen noch unbekannt, ebenso manche Glieder des Entwicklungskreislaufs. — *Chermes abietis* L. Fichte. Großschuppige grüne, oft rötliche Gallen an der Zweigbasis einseitig oder umfassend sitzen. Zwischenwirt Lärche. Weiße Flocken an Rinde. — *Chermes strobilobius* C. B. Fichte. Kugelrunde, bleiche, grünliche, oder gelbliche Gallen mit oder ohne grüne Nadelspitzen, mit oder ohne durchwachsenden Zweig. Oft junge Läuse auf der Galle sitzend. Lärche: Nadeln geknickt, bleich, Läuse in Wachsflöckchen. — *Chermes pectinatae* Chldk. Fichte. Gallen ähnlich jenen von *strobilobius*. Wachsflocken an Weißtannen-Nadeln. Osteuropa. — *Chermes piceae* Ratz. Gallen unbekannt. Tanne. Läuse in Wachsflocken an Rinde des Stammes, der Zweige und Nadelunterseite. — *Chermes pini* C. B. Zweiggallen auf Fichte und *Picea orientalis*; Läuse in Wachsflocken an Rinde junger Kiefern. — *Chermes strobi* Hbg. Gallen unbekannt. Läuse in Wachsflocken an Rinde von Weymouthskiefern.

2. Fam. *Coccidae*. Schildläuse. Rüssel verkümmert, 1—2 gliedrig. Tarsen 1 gliedrig mit einer Klaue; Geschlechtsdimorphismus sehr stark. ♂ mit 10 gliedrigen Fühlern, meist 4—10, seltener 2 Netzaugen, Punktaugen, ohne alle Mundwerkzeuge, nur mit großen Vorderflügeln und langen Beinen, sowie ziemlich langem Penis, den oft 2 Schwanzborsten begleiten. ♀ larvenartig,

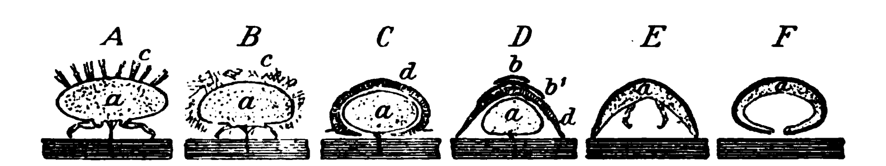



Fig. 233. 6 schematische Querschnitte durch den Körper verschiedener Schildlausweibchen. Die Schnitte A—D sind so gedacht, daß sie durch die die Tiere festheftenden Stechborsten gehen. a der durch Punktierung ausgezeichnete Querschnitt des Tierleibes selbst. Die größere oder geringere Stärke des Umrisses bezeichnet die größere oder geringere Festigkeit der Chitincuticula b erste b[1] zweite abgeworfene Larvenhaut, die an dem Aufbau des Schildes teilnehmen. c lockere Wachsabsonderung. d feste Wachshülle. A, B, C verschiedene Ausbildungsstufen der als Coccus zusammengefaßten Arten. D Unterfam. Diaspinae, E und F Unterfam. Lecaniinae (aus Nitsche).

mit 2 Punktaugen, höchstens 9 gliedrigen Fühlern und kurzen Beinen, sowie nur thorakalen Stigmen; mit Erlangung der Geschlechtsreife können Fühler und Beine gänzlich schwinden (Fig. 234 C), so daß das Tier sich nur mit den sehr langen Stechborsten in der Unterlage festhält. Nach der Befruchtung bilden sich mit der Reifung der Eier merkwürdige Schutzhüllen zur Bedeckung des weiblichen Körpers und der Nachkommenschaft aus. Jene Hüllen sind verschiedenartige Erzeugnisse des Integuments: einfache Wachsausscheidungen (*Coccus* L.), die locker bleiben (Fig. 233 A, B) oder zu einer das Tier umschließenden Kapsel werden (Fig. 233 C); bei der Unterfam. *Diaspinae* bleiben die abgeworfenen 1. und 2. Häute über dem ♀ liegen; unter diesen schildähnlichen Häutchen bildet eine Wachsabsonderung ein 3. Schild, das die beiden ersten verklebt und mit ihnen eine nach hinten verbreiterte, muschelförmige Kapsel bildet (Fig. 233 D); auch die ♂ dieser

Unterfam. erzeugen ein Schild, unter dem sie sich zur Geschlechtsreife entwickeln, aber nur aus einer Larvenhaut und dem Wachsschilde bestehend (Fig. 234 A). Bei den reifenden Weibchen der *Lecaniinae* endlich verdickt sich die Rückenhaut und der

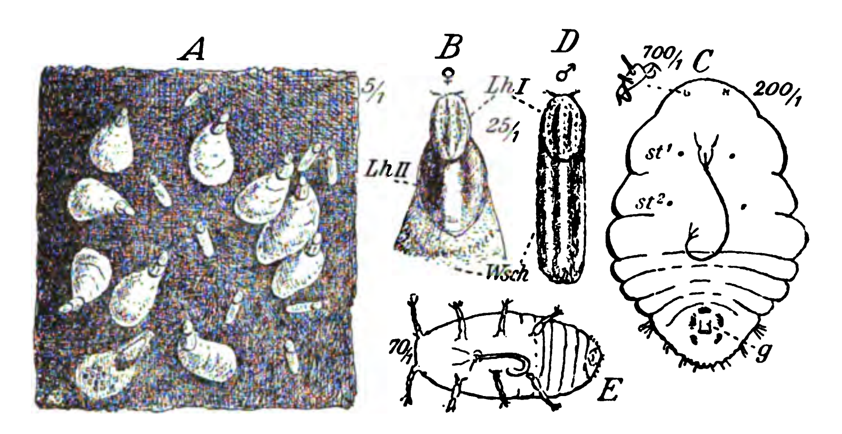



**Fig. 234.** Chionaspis salicis. Alle Figuren vergrößert. A Kolonie dieser Schildlaus auf Eschenrinde, 9 große, schinkenförmige, weibliche und 8 kleine, männliche Schilde zeigend. Links unten ist ein Schild entfernt, um das darunter befindliche ♀ mit Eiern zu zeigen. B Vorderende eines ♀ Schildes mit den beiden Larvenhäuten, Lh I und Lh II, und dem Anfange des Wachsschildes. C Erwachsenes ♀ von der Bauchseite mit den beiden Fühlerstummeln, deren einer daneben vergrößert gezeichnet ist, dem Schnabel mit den Stechborsten, den beiden Stigmenpaaren $st_1$ und $st_2$, und der an der Unterseite des beborsteten Hinterleibsendes gelegenen Geschlechtsöffnung g, die von fünf Gruppen von Wachsporen umgeben ist. D Schild, unter dem das ♂ sich entwickelt, nur aus der ersten Larvenhaut, Lh I und dem schmalen Wachsschilde, Wsch bestehend. E Ganz junge, eben ausgeschlüpfte Larve mit deutlichen Gliedmaßen (aus Nitsche).

schwellende weibliche Körper — der gewöhnlich Fühler und Beine behält — wölbt sich zu einer Kapsel, deren Ränder auf der Unterlage aufliegen (Fig. 233 E) oder auch sich so nach innen wölben, daß sie sich unter dem Leibe in der Mittellinie fast berühren (Fig. 233 F).

Entwicklung gamogenetisch (Coccus) oder parthenogenetisch (Lecanium, Aspidiotes). Die Larven der Schildläuse sind flach, haben 2 Punktaugen, mehrgliedrige Fühler und Mundwerkzeuge in einem kurzen, 1—2gliedrigen Schnabel. Die Entwicklung des ♀ ist, abgesehen von der Ausbildung der Geschlechtsteile und der Schutzschilde, wesentlich eine rückschreitende, weil Beine, Fühler und Augen verkümmern. Die Metamorphose des ♂ ist dagegen eine sehr tiefgreifende, der vollkommenen Verwandlung sehr nahe kommende; die Larvenorgane werden völlig zurück- und die endlichen ganz neu gebildet, was während eines völligen Ruhezustandes, ohne Nahrungsaufnahme unter einem schützenden, dem „männlichen" Schilde vor sich geht (Fig. 234 A). Schildläuse finden sich auf Blättern, Rinde, Früchten (San Jose-Laus des amerikanischen Obstes). Einige Arten sind als Lieferanten von Farbe (*Kermes ilicis* L., *Coccus cacti* L.), Lack (*Tachardia lacca* Kerr) und Manna (*Gossyparia mannipara* Kl.) nützlich.

*Coccus.* Mit Wachswolle: *Coccus fraxini* Kltb. 1 mm. ♂ flügellos. Esche. —*C. fagi* Bärensp. Buchenwoll-Laus, 0,6 mm. ♂ unbekannt. Buchenrinde. Verursacht Krebsstellen, Absterben der Stämme. — *C. quercicola* Sign. (*variolosus* Ratzbg.). Eichenpockenschildlaus. Statt von Wachs von einer Sekrethülle bedeckt. Grün, 2 mm, werden von der Rinde umwallt.

*Aspidiotus.* Schild aus abgestoßenen Häuten und Wachsausscheidung gebildet. *A. salicis* L., polyphag; *A. pini* Htg., auf Kiefernnadeln.

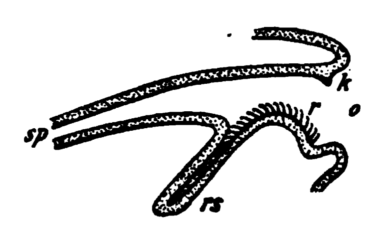



Fig. 235. Mundhöhle einer Schnecke im Durchschnitt, schematisch. k Kiefer, o Mundöffnung, r Radula, rs Zungenscheide, sp Speiseröhre (aus Boas).

*Lecanium.* Das Schild ist die verdickte Rückenhaut. *L. robiniarum* Dougl., Akazie; *L. aceris* Bouché; *L. hemicryphum* Dasm. (*racemosus* Rtzbg.), Fichtequirlschildlaus. 3 mm. *Lecanium* (*Kermes*) *quercus* L., schwarz, 3 mm. An Eichenborke. Schleimfluß verursachend.

§ 86. **6. Stamm. Mollusca.** Weichtiere. Weiche Bilateraltiere ohne Metamerie und ohne Gliedmaßen, mit einem ventralen Bewegungsorgane (Fuß), die dorsale Körperwand (Mantel) mit Mantelfalte; sie trägt Stacheln oder eine Schale.

Der Kopf ist mehr oder minder deutlich abgesetzt. Die Haut ist weich und reich an Schleimdrüsen, oft bewimpert. Eine dorsale Hautfalte (Mantelfalte) trägt oft eine mehrschichtige kutikulare aus einer organischen Grundsubstanz (Conchiolin) und kohlensaurem Kalk gebildete Ausscheidung. Diese bildet eine oft mit hornartiger Außenschicht versehene zweiteilige Schale (Muscheln) oder ein spiralig gewundenes Gehäuse (Schnecken, Nautilus) oder ist auf Rudimente beschränkt und im Körper gelegen (Nacktschnecken, die meisten Tintenfische). An der Bauchseite bildet der stark entwickelte Hautmuskelschlauch den Fuß, der keilförmig bei Muscheln, flach bei Schnecken, bei den Cephalopoden zum Trichter geworden ist. — Das Nervensystem besteht aus einem doppelten Cerebralganglion (Hirn), von dem zwei laterale und zwei ventrale Längsnervenstränge ausgehen, welche in den einzelnen Ordnungen verschiedene Ausbildung erfahren. Geruch- und Tastorgane, Augen und Statocysten treten auf. Der Darm trägt hinter der Mundöffnung häufig eine zahnartige Bewaffnung (Reibeplatte Radula), oder kräftige Kiefer (*Cephalopoden*), führt vorn 2 Speicheldrüsen, am Mittelteile ein Hepatopankreas und mündet in die Mantelhöhle aus. Infolge starker Entwicklung eines schwammigen Füll- und Bindegewebes ist die Leibeshöhle bis auf einen das Herz einschließenden Herzbeutel geschwunden. Die Atmung erfolgt durch Kiemen, oder die innere Mantelfläche dient der Respiration. An das zweikammerige arterielle Herz schließen sich Arterien und Venen an; das Blutgefäßsystem ist aber nicht geschlossen; das Blut zirkuliert daher stellenweise in Lakunen des Füllgewebes.

Ursprünglich ist ein Paar Nephridien vorhanden, dessen Schläuche im Perikard beginnen und neben dem After in der Mantelhöhle münden; diese Nieren können auf eine vermindert sein. Die Mollusken sind Zwitter oder getrennten Geschlechts. Mit der Entwicklung ist in der Regel ein Larvenstadium verbunden, das sich im Bau eng an die Trochophoralarve der Würmer anschließt. — Zu den Weichtieren zählen Meeres-, Süßwasser- und Landformen; sie leben teils von Tieren, teils von Pflanzen. Fossile Molluskenschalen sind bedeutungsvolle Leitfossilien.

1. Klasse. Amphineura. Der Mantel erstreckt sich auch auf den Kopf, mit dicker Cuticula und Stacheln. Fuß mit Kriechsohle. Meeresbewohner. Zwei Ordnungen: *Placophora.* Gestalt flach. *Chiton magnificus* Dh. Käferschnecke, Chile. *Soleonogastres.* Gestalt wurmförmig, Fuß verkümmert.

2. Klasse. Conchifera. Mantel nur auf dem Rumpf, Eingeweidesack groß; Schalenbildung.

§ 87. 1. Ordn. Gastropoda. Asymmetrische Weichtiere mit wohl entwickeltem Kopf und Fuß und einfacher Schale. Hinter der Mantelhöhle ist ein Teil der dorsalen Körperwand mächtig aufgewölbt und zu einer nach hinten gerichteten Ausstülpung, dem Eingeweidesack (Fig. 237, 238), geworden, in der die massigen Eingeweide und Geschlechtsorgane Platz finden. Durch asymmetrisches Wachstum und Drehung des hinteren Körperendes gegen das vordere um 180°, sowie Umlagerung der Organe ist der Endarm soweit nach vorn verschoben, daß der After hinter der Atemöffnung rechtsseitig zu liegen




Fig. 236. Nervensystem einer Lungenschnecke (Limnaea). h Hirn, l linkes Parietalganglion, o Mund, pd Pedalganglien, pl Pleuralganglien, r rechtes Parietalganglion, v Visceralganglion (aus Götte).

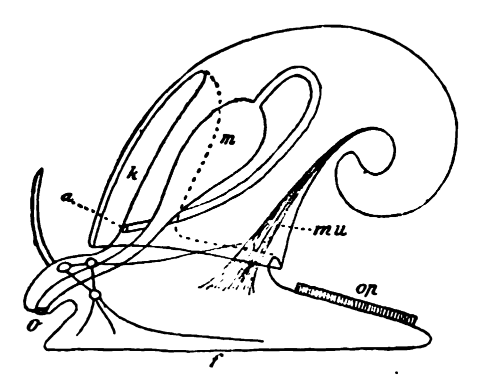



Fig. 237. Schematische Figur einer Schnecke von der linken Seite gesehen (Schale weggenommen). a After, f Fuß, k Mantelhöhle, m Magen, mu Spindelmuskel, o Mund, op Deckel. Außer den mit Buchstaben bezeichneten Teilen sind noch gewisse Partien des Nervensystems mit eingezeichnet, nämlich Gehirn und Pleuralganglion (oberhalb der Speiseröhre) und Pedalganglion (unterhalb der Speiseröhre). Die punktierte Linie deutet die Grenze der Mantelhöhle an (aus Boas).

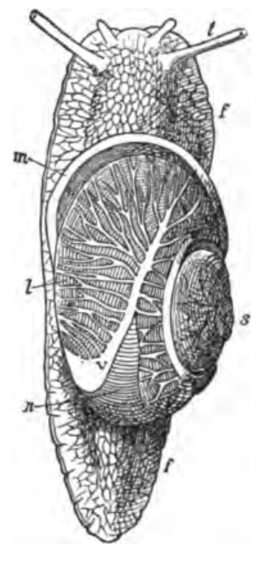



Fig. 238. Weinbergschnecke (Helix pomatia) nach Entfernung der Schale von oben gesehen. f Fuß, l Lunge, m angewachsener Mantelrand, n Niere, s Eingeweidesack, t Fühler, v Lungenvehne (nach Hatschek und Cori aus Götte).

kommt. Die Schale („Gehäuse") bedeckt entweder den Eingeweidesack in spiraligen Windungen und ist in ihrem unteren Umgang so weit, daß auch der Kopf und Fuß vermittelst eines kräftigen längs der Drehungsachse der Spirale (Spindel) gelegenen „Spindelmuskels" eingezogen werden können (Gehäuseschnecken, Fig. 238), oder sie ist nur in Rudimenten vorhanden und in Form kleiner Kalkstückchen im Mantel verborgen (Nacktschnecken). Die Mantelhöhle enthält die Atmungsorgane, sie ist daher gleichzeitig Atemhöhle. Die Atmungsorgane liegen entweder vor dem Herzen (*Prosobranchia*) oder hinter ihm (*Opisthobranchia*). Ursprünglich sind zwei Kiemen aus je einer Leiste mit kammähnlich anhängenden Kiemenblättchen bestehend vorhanden, von denen aber infolge der asymmetrischen Ausbildung eine schwinden kann; bei den luftatmenden Landformen breitet sich an Stelle der Kiemen ein respiratorisches Gefäßnetz an der inneren Oberfläche der Mantelhöhle aus, welche dadurch zur Atemhöhle wird (Fig. 238), auch können an Stelle der echten Kiemen nachträglich erworbene, als Auswüchse der Rückenhaut entstehen.

Der Kopf trägt zwei oder vier Fühler, die Augen und die Mundöffnung; in der Mundhöhle (Fig. 235) ist vor der Radula (Fig. 240) noch eine sichelförmige Kieferplatte senkrecht angebracht. Von den beiden Nieren bleibt nur die linke übrig, die schwammig ist (Fig. 238) und ihr ziemlich festes Exkret in der Nähe des Afters in die Mantelhöhle abgibt. Die Augen sitzen am Grunde oder an der Spitze von 2 Fühlern, doch kommen auch besondere Rückenaugen vor. Tast- und Geruchsorgane sind an

den Fühlern, der Mundöffnung und in der Atemhöhle zu finden. Der Ausführungsgang der Zwitterdrüse mündet neben dem After oder außerhalb der Mantelhöhle hinter dem Kopfe.




**Fig. 239. Anatomie von Helix pomatia. Die Schale ist entfernt, der Mantel auf die linke Seite gelegt, die Organe des Eingeweidesackes und Kopfes isoliert und auseinandergelegt. Links (in der Figur) die Geschlechtsorgane. L Leber, Zd Zwitterdrüse, J Darm, N Niere, V Herzkammer, M Magen, F Fuß, A After, Al Gegend des Atemloches am Mantelrande, Mr Rückziehmuskel des Penis, G Cerebralganglion, Fl Flagellum, Sk Schlundkopf, P Penis, R Fühlerretraktor, Ps Pfeilsack, Ad fingerförmige Drüse, Vd Samenleiter, X seitliche Ausbuchtung des Stieles der Samentasche, Rs, Od Eileiterteil des Uterus, Ed Eiweißdrüse, Zg Zwittergang (nach Looß aus Lang).**

1. Unterordn. P r o s o b r a n c h i a, Vorderkiemer. Kieme vor dem Herzen gelegen. Der Fuß trägt am Hinterende oberseits einen Kalkdeckel, der beim Zurückziehen in die Schale deren Mündung fest verschließt (Fig. 237); meist Kiemen-, seltener Lungenatmung, Geschlechter getrennt. Meist Meerestiere, doch auch Süßwasser- und Landformen. — *Paludina vivipara* L. Kiemensumpfschnecke. Im langsam fließenden Süßwasser, lebendig gebärend.

2. Unterordn. O p i s t o b r a n c h i a. Hinterkiemer. Kiemen hinter dem Herzen gelegen. Marine Tiere. *Pteropoda*: *Clio borealis* Pall. (= *Clione limacina* Phipps) und *Limacina helicina* Phipps Hauptnahrung der Bartenwale.

3. Unterordn. P u l m o n a t a. Lungenschnecken. Durch Lungen atmende, zwittrige Schnecken, nackt oder beschalt, stets ohne Deckel; auf dem Lande oder im Süßwasser; meistens Pflanzenfresser.

In der oberen Wand der Mantelhöhle ist ein dichtes Netzwerk respiratorischer Gefäße entwickelt, die Ränder der Oeffnung sind bis auf ein enges rechtsseitiges Atemloch verwachsen, neben dem der After und der Harnleiter münden. Der Eingeweidesack kann — bei den Nacktschnecken — völlig fehlen, die Eingeweide liegen dann in dem Fuß und die Schale ist bis auf geringe, vom Mantel überwachsene Reste verschwunden. Die Geschlechtsorgane sind sehr entwickelt (Fig. 239). Aus der Zwitterdrüse kommt ein geschlängelter Zwittergang, dem seitlich die umfangreiche Eiweißdrüse anhängt. Etwa an ihrer Mündung in den Zwittergang beginnt dieser sich von zwei Seiten her der Länge nach einzuschnüren, so daß eine unvollkommen getrennte Doppelrinne entsteht; die eine (Uterus) ist viel gefaltet und führt die Eier, die andere verläuft einfach und gerade und leitet das Sperma weiter. Erst im letzten Abschnitte sondern sich beide Leitungswege vollständig in Scheide und Samenleiter. Von der Scheide zweigen sich die gestielte Samentasche und zwei Büschel „finger-

förmiger" Anhangsdrüsen ab, die Schleim absondern; ferner sitzt ein drüsig-muskulöser Pfeilsack an, der den Liebespfeil, ein kalkiges Reizorgan, bildet und bei Beginn der wechselseitigen Begattung ausstößt. Das Endstück des Samenleiters kann als Penis ausgestülpt und nach der Begattung durch einen besonderen Rückziehmuskel wieder eingezogen werden; das Flagellum, ein fadenförmiger Anhang des Penis, liefert die Hülle zur Bildung der Spermatophoren. Die vereinigten oder getrennten Geschlechtsöffnungen liegen rechts hinter dem Fühler.




**Fig. 240. Ein Glied (Querreihe) der Radula von Limnaea stagnalis (aus Leunis).**

1. Fam. *Stylommatophoren.* Landschnecken. Vier einziehbare Fühler, deren hinteres Paar größer ist und auf der Spitze die Augen trägt; Geschlechtsöffnung linksseitig. Während der Winterruhe wird das Gehäuse durch einen starken kalkigen und mehrere dünnhäutige Deckel geschlossen. Eiablage haufenweise oft in selbstgefertigte Gruben. *Helix pomatia* L. Weinbergschnecke. Größte deutsche Gehäuseschnecke. Eßbar. — *Helix nemoralis* L. und *H. hortensis* Müll. Schnirkelschnecken. Gelb, schwarz gebändert, häufig. — *Buliminus detritus.* Müll. Gehäuse weiß, turmförmig, Länge 2 cm. Auf trockenen Kalkböden. Benagt Coniferennadeln. — *Clausilia*-Arten, langgestreckt, 1—2 cm lang, braun, bei feuchtem Wetter an Buchenstämmen. — *Agriolimax agrestis* L. Garten- oder Ackerschnecke, nackt, gelbbraun oder grau, oft schwarzfleckig. Gemein in Garten, Feld, Wiese, Wald, frißt junge Pflanzen, Buchenkeimlinge. — *Limax cinereus* Lister. Grau; in feuchten Kellern.

2. Fam. *Basommatophoren*, Süßwasserschnecken. Ein Paar nicht rückziebarer Fühler, an dessen Grunde die Augen sitzen; die Geschlechtsöffnungen sind getrennt. Die Eier kleben als Laich an Wasserpflanzen. — *Limnaea stagnalis* L. Schlammschnecke. — *Limnaea minuta* Drap., kleine Schlammschnecke. Zwischenwirt des Leberegels. — *Gulnaria auricularia.* Ohrschlammschnecke. Der Laich und die jungen Schnecken werden von Fischen gefressen.

§ 88. 2. Ordn. Lamellibranchiata. Muscheln. Symmetrische, seitlich zusammengedrückte, von zwei seitlichen Mantelfalten und zwei Schalenhälften ganz eingeschlossene Weichtiere; ohne Kopf, Fühler, Kopfaugen, Radula und ohne Eingeweidesack.

Der Mantelrand bildet an jeder Seite eine große herabhängende Falte, die Mantellappen (Fig. 241), welche den Körper einhüllen; der Rand dieser Mantellappen ist entweder frei oder der Länge nach in verschiedener Ausdehnung verwachsen, so daß aber mindestens ein Schlitz zum Herausstrecken des kiel-, beil- oder zungenförmigen Fußes und je ein Spalt für den Eintritt und Austritt von Wasser offen bleiben. Beide liegen am Hinterende des Körpers, die Einfuhr- unter der Ausfuhröffnung. Erstere befördert Wasser und zugleich die mitgeführten Nahrungsteilchen (Kleinlebewesen, Detritus) in die Kiemenhöhle. Letztere führt das Atemwasser, Kot, Harn und Geschlechtsprodukte nach außen, ist also eine echte Kloakenöffnung. Bei Muscheln, die im Schlamm oder in Höhlen verborgen stecken, sind beide Oeffnungen in lange Röhren (Siphonen) verlängert, die bis ins Wasser ragen. Auf den Mantellappen liegen die beiden Schalenhälften, oben in der Mittellinie durch ein Schloß und ein elastisches Sehnenband gelenkig verbunden und durch einen zentralen oder zwei vorn und hinten gelegene Schließmuskeln geschlossen gehalten. In der Kiemenhöhle erstrecken sich je 2 Kiemen als lange Blätter zu beiden Seiten

des Körpers. Neben der Mundöffnung sitzen mehrere häutige Mundlappen, deren Wimperbesatz die kleinen, mit dem Atemwasser in die Mantelhöhle gelangten Nahrungsteilchen in den Mund befördert; diesem fehlen Kiefer und Radula. Der Darm ist vielfach aufgeknäuelt und mit zwei Lebern ausgestattet; vor dem Austritte durchbohrt er den Herzbeutel und vielfach das Herz selbst. Dieses entsendet nach vorn und hinten Gefäße. Die paarigen Nieren („Bojanussches Organ") liegen unter dem Herzbeutel und münden in die Mantelhöhle. Das Nervensystem besitzt gewöhnlich nur drei Ganglienpaare: die Cerebral-, Visceral- und Pedalganglien. Tastorgane sind am Mantelrande ausgebildet, wo auch bisweilen einfache und zusammengesetzte Augen stehen; die Statozyste ist paarig. Auch die meist getrenntgeschlechtigen Keimdrüsen sind doppelt und münden in die Kiemenhöhle; vielfach durchlaufen die Eier ihre Entwicklung zu einer freischwimmenden Larve an den mütterlichen Kiemen. — Die meisten Muscheln sind Meeresbewohner; ihre Bewegung beschränkt sich auf ein zeitweiliges Kriechen mit dem Fuße oder stoßweises Schwimmen durch Zusammenklappen der Schalen; sehr viele stecken tief im Schlamm oder sind festgewachsen, manche mit dem gespinstartigen Sekret der Byssusdrüse befestigt; andere bohren sich Höhlen in Steinen und Holz; einzelne sind Schmarotzer an und in Stachelhäuten. — *Margaritana margaritifera* L. Flußperlmuschel. In einigen bayrischen und hessischen Gebirgsbächen ist die Perlenfischerei lohnend. — *Unio pictorum* L. Malermuschel, starke Schale. — *Anodonta cygnaea* L. Schale dünn, ohne Schloß, beide in langsamen Flüssen mit schlammigem Grund. — *Cardium edule* L. Herzmuschel. Wärmere europäische Meere. Schale als Ragouteller benutzt. — *Mya arenaria* L. Klaffmuschel im Sande (Watt) der Nordsee. — *Teredo navalis* L. Schiffsbohrwurm. Gestalt wurmförmig, Schale klein, nur den Vorderkörper bedeckend; Mantel im übrigen nackt; der von ihm ausgeschiedene Kalk dient zur Auskleidung der Röhre, welche vermittelst der Schale ins Holz gebohrt wird. Die Gänge dienen nur als Wohnung; Ernährung durch den Einfuhrsipho wie bei anderen Muscheln. — Alle bisher genannten Arten mit zwei Schließmuskeln, die nachfolgenden nur mit einem. — *Maleagrina margaritifera* L. Perlmuschel. Indischer Ozean, liefert Perlen und Perlmutter. — *Mytilus edulis* L. Miesmuschel. Eßbar, europäische Küsten. — *Dreissensia polymorpha* Pall. Norddeutschland. Wie die beiden vorhergehenden mit Byssusfäden festsitzend. — *Ostrea edulis* L. Auster. Schalenhälften ungleich, mit der gewölbten unteren festgewachsen. Larven freischwimmend, setzen sich kolonieweise fest.

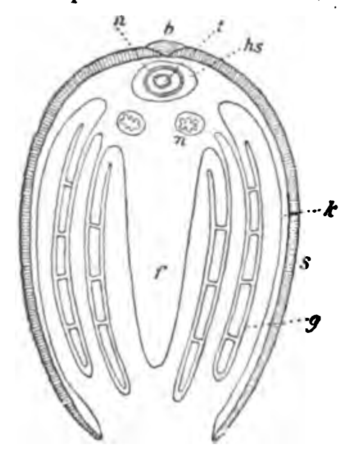


**Fig. 241.** Querschnitt einer Muschel, (Schema). b Band, f Fuß, g Kieme, h Herz, hs Herzbeutel, k Mantellappen, n Niere, s Schale, t Darm (aus Boas).

3. Ordn. Cephalopoda. Kopffüßler. Mollusken mit großem Kopf, mit Saugnäpfe tragenden Armen in der Umgebung des Mundes, trichterförmigem Fuß. Schale häufig rudimentär. Getrenntgeschlechtlich. Haut mit Chromatophoren. Der vom Rumpf scharf abgesetzte Kopf mit hochentwickelten Augen, Statozysten, Gehör- und Geruchsorganen, trägt 4 oder 5 Paar den Mund umstehende, unterseits mit Saugnäpfen besetzte, muskulöse Arme zum Festhalten der Beute und zur Ortsbewegung. Durch den trichterförmigen Fuß wird das Atemwasser durch Kontraktion der Mantelmuskeln ruckweise ausgestoßen, wodurch ein rasches Rück-

wärtsschwimmen ermöglicht wird. Mundöffnung mit hornigen Ober- und Unterkiefern, dahinter die Radula. In der Mantelhöhle 2 oder 4 doppelt gefiederte Kiemen. After, Nieren, Tintenbeutel (Sepia liefernd) und Geschlechtsorgane münden in die Mantelhöhle. Die ♂ mit einem als Hilfsorgan der Begattung dienenden Arm, Hektocotylus (s. o. S. 622). — *Nautilus pompilius* L. Mit äußerer Schale, 4 Kiemen. Stiller Ozean. — *Sepia officinalis* L. Tintenfisch. 1 Kiemenpaar. Mit innerer Kalkschale, Schulp; wird gegessen. Europäische Meere. — Fossil: Ammoniten.

7. Stamm. Molluscoidea. Kranzfüßer. Festsitzende oder in Röhren lebende weichtierähnliche Tiere ohne Metamerie. Ein bewimperter Tentakelkranz umgibt den Mund. Cuticula zu einer Röhre, oder zweiklappigen Schale oder als Gehäuse ausgebildet. Die Geschlechtsprodukte werden in der Coelomhöhle gebildet.

1. Klasse. Phoronidea. Wurmförmige, in Röhren lebende, hermaphrodite Meerestiere.

2. Klasse. Bryozoa. Moostierchen (= *Ectoprocta*). Kleine, stockbildende, meist festsitzende polypenähnliche Weichtiere; jedes Einzeltier in einem cuticularen Gehäuse. After außerhalb des Tentakelkranzes. Meist Meeresbewohner. — *Cristatella mucedo* Cuv. Freischwimmend. — *Plumatella repens* L. Kolonien, festsitzend, beide im Süßwasser. Fortpflanzung geschlechtlich oder durch äußere (Stockbildung), oder innere Knospung (Statoblasten).

Zu den Bryozoen wurden bisher auch die Entoprocta (s. S. 657) gerechnet.

3. Klasse. Brachiopoda. Armfüßer. Festsitzende, nur durch wenige Arten vertretene Meerestiere, mit dorsaler und ventraler Schalenklappe, spiralig aufgerollten, tentakeltragenden Mundarmen und Blutgefäßsystem. Getrenntgeschlechtlich. Als Leitfossilien vom Silur an von Bedeutung: *Terebratula*.

**8. Stamm. Echinodermata.** Stachelhäuter. Im erwachsenen Zustande strahlig gebaute Seetiere mit kalkigem Unterhautskelett und einem Wassergefäßsystem. Die Echinodermen entwickeln sich aus bilateralen Larven zu radiär fünfstrahlig gebauten Tieren. Das Auftreten unpaarer Organe (Steinkanal) bedingt einen asymmetrischen Bau. Bilateral sind die durch Verschiebung von Mund und After ausgezeichneten Schildigel und die mit Kriechsohle versehenen Seewalzen.

Den Körper durchzieht vom Mund zum After eine Hauptachse, senkrecht zu derselben sind die Organe in 5 Radien und den dazwischen liegenden Interradien angeordnet. Ihrer äußeren Gestalt nach sind die Echinodermen sternförmig, fünfseitig polygonal, kugel-, apfel- oder walzenförmig. Das Kalkskelett besteht aus einzelnen Kalkkörperchen bei Holothurien, aus fest miteinander verbundenen Skelettplatten bei Seeigeln und einem aus beweglichen Stücken gebildeten Innenskelett bei Seesternen. Anhänge des Hautpanzers sind bei Echinoideen, Asteroideen und Ophiuroideen bewegliche Stacheln, mit Wimperepithel bekleidete Sphaeridien (Sinnesorgane?) und Greifzangen (Pedicellarien), welche den Körper von Fremdkörpern freihalten. Charakteristisch für die Echinodermen ist das Ambulacral- oder Wassergefäßsystem. Den apikalen Pol umstehen 5 interradiäre Genitalplatten, mit je einer Oeffnung der Geschlechtsorgane; bei Echinoiden ist die Madreporenplatte siebartig durchlöchert. Bei den übrigen Echinodermen herrschen bezüglich der Madreporenplatte abweichende Verhältnisse. Sie steht mit dem Stein-

kanal (mit Kalkablagerungen) in Verbindung, der eintretendes Wasser in einen den Schlund umgebenden Ringkanal führt, an diesem sitzen interradiär

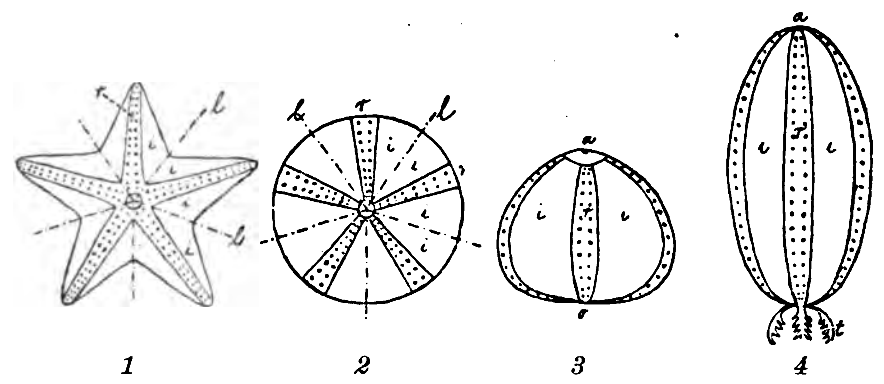



**Fig. 242. Schematische Figuren zur Erläuterung des strahligen Baues der Stachelhäuter. 1 Seestern von unten, 2 Seeigel ebenso, 3 Seeigel von der Seite, 4 Seewalze ebenso. a After, o Mund, r Radius, i Interradius, l Linien, durch welche die Radien gegeneinander abgegrenzt werden, t Tentakel (aus Boas).**

(Polische) Blasen, radiär Kanäle, welche bis in die Spitzen der Arme, bei Seeigeln und Seewalzen bis zum analen Pole ziehen. Von diesen Radiärgefäßen

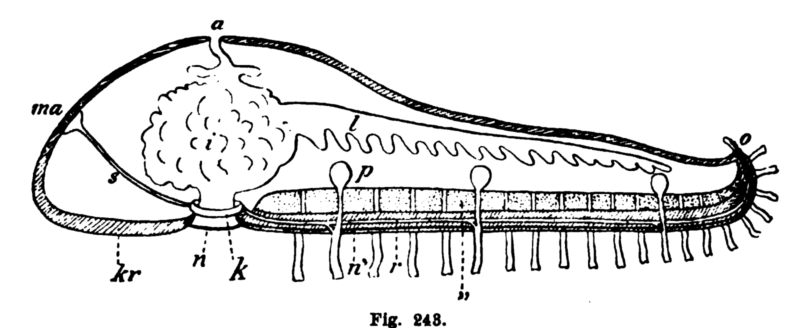



**Fig. 243.**

entspringen blind endende Seitengefäße, welche die Haut durchdringen und mit kontraktilen Ampullen und am äußeren Ende schwellbaren Saugscheiben versehen als Ambulakralfüßchen der Ortsbewegung dienen, in dem sie sich ausstrecken, festsaugen und bei darauf folgender Kontraktion den Körper nachziehen. Vom Mund am Ende der Hauptachse zieht der Darm schlauch- (Seeigel) oder sackförmig (Schlangenstern) zum After, bei den Seesternen hat er blindsackartige Anhänge. Häufig treten im Mund kalkige Kauapparate auf, die bei Seeigeln schmelzüberzogene Zähne besitzen (Laterne des Aristoteles). Das Nervensystem mit Ganglien und Nervenfasern besteht aus Schlundring und radiären Stämmen (Fig. 30). Ambulacral-

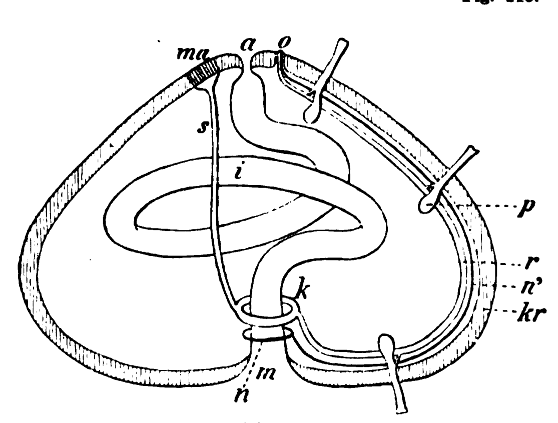



**Fig. 244.**

**Fig. 243 und 244. Schematische Längsschnitte eines Seesterns und eines Seeigels. Die Schnitte gehen rechts durch einen Radius, links durch einen Interradius. a After, i Darm, k Leibeswand, l Blindschlauch des Darmes, m Mund, ma Madreporenplatte, n Radiärnerv, o Auge, p Ampulle, r Radiärkanal, s Steinkanal, sk Skelettstücke (aus Boas).**

füßchen und Tentakel (Holothurien) sind Tastorgane; Augen an den Armspitzen der Seesterne; die Respiration besorgen die Ambulacralanhänge und bei Seewalzen die am Enddarm sitzenden Wasserlungen. Exkretionsorgane sind nicht bekannt, dagegen Blutgefäße, die einen Schlundring bilden. Fortpflanzung geschlechtlich; Geschlechter meist getrennt, doch sind auch hermaphroditische Arten bekannt. Die Geschlechtsorgane liegen meist interradiär. Die Befruchtung erfolgt im Wasser. Die bilateralen Larven (*Auricularia*, *Bipinnaria*, *Pluteus*) bestehen eine Metamorphose.

Alle Stachelhäuter sind Meeresbewohner und nähren sich meist räuberisch.

1. Klasse. Pelmatozoa [Crinoidea]. Haarsterne. Mit einem langen apikalen Stiele festsitzende kelchförmige Echinodermen mit regelmäßig strahligem Skelett; die Nahrungszufuhr erfolgt durch die bewimperte Ambulakralrinne der Arme zum oberständigen Mund; Arme lang, einfach oder gegabelt, alternierend gefiedert. — *Pentacrinus caput medusae* L. Westindischer Haarstern.



Fig. 245. Phytonaster murrayi, ein Seestern, von der Ventralseite gesehen; die Arme sind nur zum Teil dargestellt. Man sieht die Ambulakralfurchen und die aus ihnen hervorragenden Saugscheiben der Füßchen (aus Rosenthal).

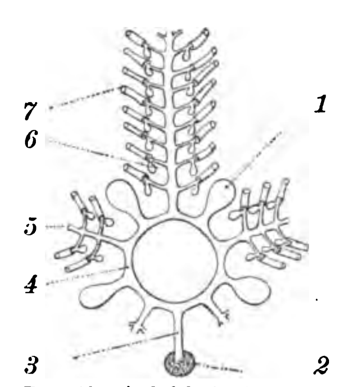



Fig. 246. Ambulakralsystem eines Seesterns, schematisch. 1 Polische Bläschen, 2 Madreporenplatte, 3 Steinkanal, 4 Ringkanal, 5 Ambulakralkanal, 6 Ampullen der Füßchen, 7 Füßchen (nach Boas aus Rosenthal).



Fig. 247. Pedicellarie eines Seeigels, geschlossen und geöffnet (aus Boas).

2. Klasse. Asteroidea. Seesterne (Fig. 245). Ungestielte und frei bewegliche, mehr oder weniger abgeflachte Tiere, deren Arme nicht scharf abgesetzt sind (daher sternförmig bis 5 eckig) und Fortsetzungen aller zentralen Organe (Cölom, Darm, Keimdrüsen usw.) enthalten, unterseits vom Munde zur Spitze der Arme mit Ambulakralrinnen, die mit Reihen lokomotorischer Füßchen besetzt sind. — *Asterias rubens* L. Gemeiner Seestern.

3. Klasse. Ophiuroidea. Schlangensterne. Flache Echinodermen mit einfachen oder geteilten, stets schmalen und scharf abgesezten Armen, die keine Fortsetzungen des Darms und der Geschlechtsorgane enthalten und deren Ambulakralrinne von Schildern überwachsen ist; die Füßchen sind tentakelförmige Tastorgane, deren Klebstoff absondernde Drüsen zum Anheften dienen. After fehlt. Die Genitaldrüsen münden in Taschen, welche sich an der Basis der Arme öffnen. — *Ophiothrix fragilis* Abildg. Zerbrechlicher Schlangenstern.

4. Klasse. Echinoidea. Seeigel (Fig. 244). Armlos, scheiben- bis kugelförmig mit kreis- (regulär) oder herzförmigem (irregulär) Umriß; der ganze Körper in ein von fest zusammengefügten Platten gebildetes Skelett eingeschlossen,

auf dem bewegliche Stacheln und kleine Greifzangen (Pedicellarien, Fig. 247) sitzen; lokomotorisch und respiratorisch tätige Füßchen; Darm schlauchförmig, Schlund mit Kaugerüst. — *Echinus esculentus* L. Seeigel.

5. Klasse. Holothurioidea. Seewalzen. In der Richtung der Hauptachse walzenförmig gestreckte, bilaterale Echinodermen mit Kriechsohle (3 Ambulacren auf der flachen Bauchseite); Haut lederartig, von kleinen Kalkkörpern durchsetzt, Mund- und Afteröffnung endständig, ein Kranz rückziehbarer Fühler um erstere; äußere Madreporenplatte fehlt, der Steinkanal beginnt in der Leibeshöhle; vom Enddarme entspringen 2 baumförmig verästelte, der Atmung dienende Wasserlungen. — *Holothuria edulis* Less. Trepang-Holothurie.

**9. Stamm. Chordata.** Den Körper durchziehen ursprünglich drei Hauptorgane: ein dorsales Nervenrohr, ein darunterliegendes Achsenskelett (Rückensaite, Chorda dorsalis) und ein ventrales Darmrohr, mit Ein- und Ausmündung (Mund und After). Die Wandung des Vorderdarmes ist bei Wasseratmern dauernd von Kiemenspalten durchbrochen, bei Luftatmern dienen zwei als ventrale Ausstülpungen des Vorderdarmes entstandene Lungen zur Atmung.

Eine Weiterentwicklung des Chordatentypus ist nur bei den Vertebraten eingetreten, während Tunikaten, Akranier sogar starke Rückbildungen desselben darstellen.

§ 89. **1. Unterstamm. Tunicata.** Manteltiere. Ungegliederte, schlauchförmige Chordaten, in einen weiten Zellulosemantel eingeschlossen; Chorda bei den erwachsenen Tieren rückgebildet; mit weitem, zugleich der Kiemenatmung dienendem Schlundraum, mit Herz und zwittriger Keimdrüse.

Man versteht die Zugehörigkeit der Manteltiere zu den Chordaten, wenn man die Ascidienlarve und ihre Entwicklung betrachtet. (Fig. 248 B.) Diese äußerlich ungefähr einer Kaulquappe ähnelnden, mit Ruderschwanz versehenen Tiere besitzen alle drei Hauptorgane der Chordaten: das Nervenrohr mit einer vorderen Anschwellung als Hirn, die Chorda und den Darm. Diese freischwimmende Larve geht indessen bald in eine festsitzende über, indem sie sich mit zwei vorderen Haftpapillen anheftet und dann einer, zunächst rückschreitenden, Verwandlung unterliegt. Die zu verschiedenen Zeiten reifenden Eier und Samenzellen vereinigen sich außerhalb des Körpers mit jenen andrer Individuen. Die Tunikaten sind teils freilebende, teils festsitzende Meerestiere, die oft Stöcke bilden.

1. Klasse. Appendiculariae. Freischwimmende, auf der Larvenstufe (Fig. 248 A) bleibende Manteltiere mit erhaltener, aber auf den Schwanzanhang beschränkter Chorda. — *Appendicularia sicula* Fol.

2. Klasse. Ascidiae. Seescheiden. Gewöhnlich festsitzende einfache oder stockbildende Tunikaten von sackförmiger Gestalt und weitem Kiemendarm mit ausgedehnter Kiemenregion. *Phallusia mentula* Müll.

3. Klasse. Thaliacea. Salpen. Freischwimmend und glashell, von walzenbis tonnenförmiger Gestalt, wenigen Kiemenspalten und knäuelförmig zusammengedrängten Eingeweiden, mit Generationswechsel von Einzeltieren, und daraus entstehenden Knospenketten, deren Individuen sich wieder geschlechtlich fortpflanzen. *Doliolum mülleri* Krohn.

§ 90. **2. Unterstamm. Acrania [Leptocardii].** Schädellose oder Röhrenherzen. Metamerische Chordaten, ohne gesonderten Kopf, mit bleibender, den ganzen Körper durchziehender Chorda, ohne paarige Gliedmaßen, mit Kiemen-



spalten, die in einen Peribranchialraum münden, ohne Herz, aber mit pulsierenden Gefäßen.

Die nur durch wenige Arten vertretenen Akranier sind an beiden Enden zugespitzt und hinten von einer unpaaren lanzettförmigen Flosse umsäumt (Fig. 249); die winklig zur Längsachse geknickten Muskelsegmente sind äußerlich erkennbar. Das stabförmige Nervenrohr endet vorn noch vor der Chordaspitze ohne gehirnartige Anschwellung; hier liegt ein unpaares, sehr einfaches Auge. Auf eine runde, von einem Tentakelkranze umgebene Mundöffnung folgt ein von zahlreichen Kiemenspalten durchbrochener Vorder- oder Kiemendarm; ihn umfaßt zu beiden Seiten und ventral ein Peribranchialraum, der auf der Unterseite vor dem After durch einen Porus mündet. Der Kiemendarm geht in den Magen über, der als einseitige Ausstülpung eine Leber besitzt, und zieht sich dann gradlinig bis zum After, der vor dem Schwanze links von der Mittellinie liegt. Zwei große Gefäße pulsieren, von denen eines unter dem Peribranchialsack das venöse Körperblut empfängt und in die Kiemen schickt, das andere als Aorta, unter der Chorda gelegen, das aus den Kiemen kommende arterielle Blut sammelt; das Blut enthält nur weiße Zellen. Segmentale Harnkanälchen erstrecken sich zwischen Leibeshöhle und Peribranchialraum; metamer gereiht sind mehrere Paare von Hoden oder Eierstöcken, die an der Wand des Peribranchialraumes sitzen und ihre Keimzellen in diesen entleeren, so daß sie durch die Kiemenspalten in den Vorderdarm und von hier durch den Mund nach außen gelangen. Geschlechter getrennt. Die Akranier ruhen im sandigen Meeresboden eingegraben und nähren sich wie die Tunikaten. — *Branchiostoma* [*Amphioxus*] *lanceolatum* Pall. Lanzettfischchen.

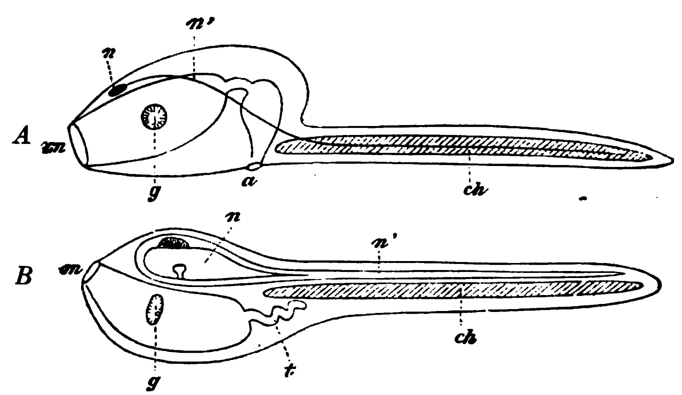


Fig. 248. A Schema einer Appendicularie, von der Seite. B Schema einer Ascidienlarve. a After, ch Chorda, g Kiemenhöhle, m Mund, n Gehirn, n' Nervenstrang, t Darm (aus Boas).

§ 91. **3. Unterstamm. Vertebrata. Wirbeltiere.** Chordaten mit innerer Metamerie; Körper in Kopf, Rumpf, Schwanz als Körperabschnitte unterschieden, meist 2 Paar Gliedmaßen, ein knöchernes Achsenskelett und ein ventral vom Darm gelegenes Herz.

Der bilaterale Wirbeltierkörper ist ausgezeichnet durch ein inneres Skelett, dessen Hauptteile die Wirbelsäule als gegliederte knorpelige oder knöcherne Achse den Körper von vorn nach hinten durchzieht. Dorsal dieser Achse liegt das Zentralnervensystem, ventral der Darmkanal und das Herz. Der Kopf trägt das Gehirn, die Sinnesorgane und die Einfuhröffnungen für Darm und Atmungsorgane; der Rumpf bildet die Hauptmasse des Körpers, enthält in der Leibeshöhle die Organe der Verdauung, Ausscheidung und Fortpflanzung und wird von zwei Paar Gliedmaßen gestützt. Der Schwanz enthält außer seiner Skelettachse eine kräftige Muskulatur. Bei höheren Vertebraten schiebt sich zwischen Kopf und Rumpf ein Halsabschnitt ein. Abweichungen von der bilateralen Symmetrie können vorkommen

(Plattfische, Fig. 295). Die äußere Haut, Integument, setzt sich aus der Oberhaut (Epidermis) und der Unterhaut (Cutis) zusammen. Die Epidermis besteht an ihrer Oberfläche aus flachen, sich abstoßenden Zellen, trägt Mündungen von Hautdrüsen in Form von Poren und Haare oder Federn. Die Cutis ragt mit Fortsätzen (Papillen) in die Epidermis hinein. Diese Papillen sind reich an Blutgefäßen, Tastorganen; in der Lederhaut entstehen durch Verknöcherung die Schuppen der Fische, die Panzer der Schildkröten und Gürteltiere.

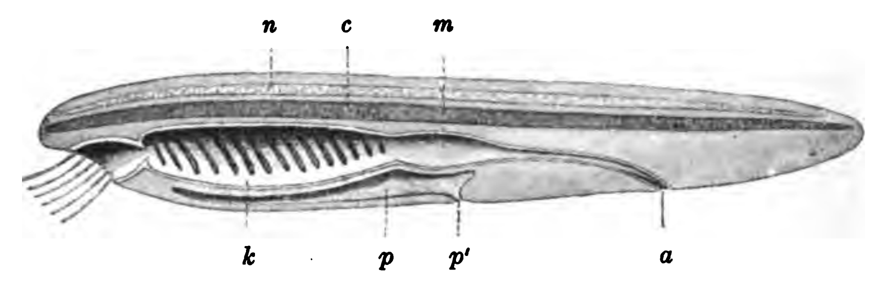



Fig. 249. Schematischer Längsschnitt durch Branchiostoma (Amphioxus). a After, c Chorda, k Kiemensack, m Magen, n Zentralnervensystem, p Peribranchialraum, p' dessen Porus (aus Boas).

Aus der Chorda entwickelt sich das metamer gegliederte Achsenskelett. Während der embryonalen Entwicklung lagert sich um die Chorda eine bindegewebige Hülle, die Chordascheide. Diese verknorpelt und bleibt entweder in diesem Zustande oder wird später durch Knochengewebe ersetzt. Die Chorda selbst kann mehr oder minder vollkommen erhalten bleiben (Cyclostomen, Störe, Lungenfische) oder sie wird durch Knorpel- oder Knochenbildungen eingeschnürt und sogar bis zum völligen Schwund verdrängt. Dieser Vorgang führt zur Bildung von knorpeligen oder knöchernen Wirbelkörpern mit dazwischenliegenden Intervertebralknorpeln. Je nachdem Reste der Chorda auf beiden Seiten des Wirbelkörpers oder nur vorn oder hinten in trichterförmigen Vertiefungen erhalten sind, heißen sie amphi-, pro-, opisthozöl. Jeder Wirbelkörper gestaltet sich weiterhin dadurch zu einem Wirbel aus, daß metamer in paariger Anordnung dorsale obere Bögen (Neurapophysen) und untere Bögen als völlig geschlossene Hämapophysen oder als Basalstümpfe entstehen; ferner können die oberen Bögen einen unpaaren Dornfortsatz tragen; an jenen wie auch am Wirbelkörper können sich seitliche Querfortsätze zum Ansatz von Muskeln und Gelenkfortsätze zur Gelenkverbindung mit dem Nachbarwirbel ausbilden (Fig. 253). Mit den Wirbeln des Rumpfes sind Rippen (Fig. 254) gelenkig verbunden, paarige Spangen, welche die Körperwand stützen und den Brustkorb bilden; sie treten bei den höheren Formen zum Teil ventral mit dem Brustbein — einem unpaaren knorpligen,

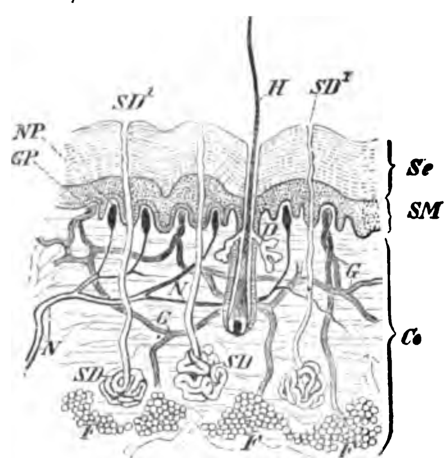



Fig. 250. Schnitt durch die Haut des Menschen. Co Corium, Unterhaut, D Haarbalgdrüsen, F Fett, G Gefässe im Corium, Gp Gefäßpapillen, H Haar, N Nerven, Np Nervenpapillen, Sc Hornschicht, SM Schleimschicht, Sc und Sm bilden die Oberhaut (Epidermis), Sd Schweißdrüsen mit ihren Ausführungsgängen Sd', Sm Schleimschicht (aus Wiedersheim).

aber großenteils verknöchernden Stabe — in Verbindung (Fig. 254). Die ganze Reihe von Wirbeln heißt Wirbelsäule; der Haupteinteilung des Körpers und gruppenweisen Ausformungen der Wirbel folgend besteht sie aus 1. Halswirbeln, höchstens mit verkümmerten Rippen; 2. Brustwirbeln mit ausgebildeten Rippen, 3. rippenlosen Lendenwirbeln, 4. Kreuzbein- oder Sakralwirbeln, die mit dem Beckengürtel in Verbindung stehen, und 5. Schwanzwirbeln, welche stets der Rippen entbehren.

Wie die Wirbelsäule, so entwickelt sich auch das Kopfskelett, der Schädel, von der Chorda aus und durchläuft dabei eine häutige, knorplige (Primordialcranium) und knöcherne Stufe. Im häutigen Stadium ist sie eine einfache mesodermale Kapsel, welche die Gehirnanlage umgibt, in enger Verbindung mit drei Paar Bläschen, in denen die Anlage der höheren Sinnesorgane geborgen sind. Jene häutige Schädelkapsel wird durch Auftreten von Knorpelplatten zu einem knorpeligen Primordialcranium, welches bei den Cyclostomen und den Selachiern und Ganoiden unter den Fischen erhalten bleibt, während es bei den Knochenfischen und allen andern Wirbeltieren zum überwiegenden Teile durch das knöcherne Kopfskelett ersetzt wird. Die Verknöcherung erfolgt einerseits dadurch, daß das Knorpelgewebe neugebildetem Knochengewebe weicht, andrerseits bilden sich in der äußeren Haut einzelne Knochenplatten, die Deck- oder Belegknochen, die sich dem Knorpelschädel anlegen und die unter ihnen befindlichen Knorpelbezirke allmählich verdrängen. Primäre Schädelknochen sind: 1. die Hinterhauptsbeine (Occipitalia); 2. die Keilbeine (Sphenoidea) am Schädelgrunde; 3. drei Ohrknochen (Otica); 4. die Siebbeine (Ethmoidea). Deckknochen sind: 1. die das Schädeldach abgebenden paarigen Scheitelbeine (Parietalia), Stirnbeine (Frontalia) und Nasenbeine (Nasalia); 2. die Schläfenbeinknochen, bestehend aus je einem Schuppenbein (Squamosum), Augenringknochen (Orbita) und Tränenbein (Lacrimale), 3. die Parasphenoidbeine, nur in der Schädelbasis von Fischen und Amphibien.

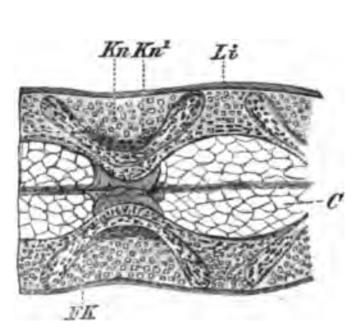


Fig. 251 Stück der Wirbelsäule eines jungen Haifisches. C Chorda, Fk vertebrale, in Verkalkung begriffene Knorpelzone, Kn deren äußere, Kn' deren innere Schicht, Li Intervertebralband (nach Cartier aus Wiedersheim).

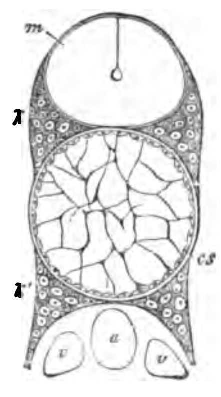


Fig. 252. Querschnitt durch die Wirbelsäule eines jungen Lachses. cs Chordascheide, k obere Bögen, k' untere Bögen, m Rückenmark, a Rückenaorta, v Venen (nach Gegenbaur aus O. Hertwig).

Die genannten Knochenstücke umschließen als Hirnschädel das Gehirn und die ihm benachbarten Sinneswerkzeuge. Ventral vom Hirnschädel liegt der Gesichtsschädel. Er setzt sich zusammen aus einer Reihe von Spangenpaaren (Visceralbögen). Aus dem ersten Visceralbogen entwickeln sich das Quadratbein und der Unterkiefer, der zweite ist der mehrgliederige Zungenbeinbogen. Die folgenden Bögen sind schwächer und heißen Kiemenbögen, deren bei Wasseratmern bis zu 5 vorkommen; bei den luftatmenden Wirbeltieren unterliegt das Visceralskelett weitgehender Reduktion. Oberkieferknochen (Maxillare) und Zwischenkieferknochen (Inter- oder Praemaxillare)

entstehen als selbständige Verknöcherungen im Bindegewebe ohne knorplige Grundlage.

Das Gliedmaßenskelett steht mit dem Rumpfskelett durch zwei Bogenspangen in Verbindung. Die vordere, der Schultergürtel, ist bei Fischen ein einfacher

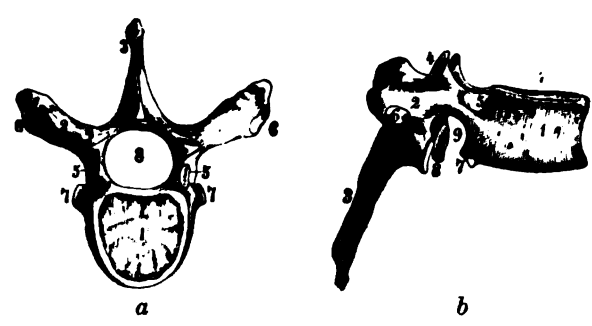



Fig. 253. Sechster Brustwirbel des Menschen. a von oben, b von der Seite. 1 Wirbelkörper, 2 Querfortsätze, 3 Dornfortsatz, 4 Gelenkfortsätze zur Verbindung mit dem vorhergehenden Wirbel, 5—7 Gelenkflächen für den Ansatz der Rippen, 8 Rückenmarkskanal, 9 Ausschnitt, der mit dem folgenden Wirbel das Zwischenwirbelloch bildet (aus Rosenthal).

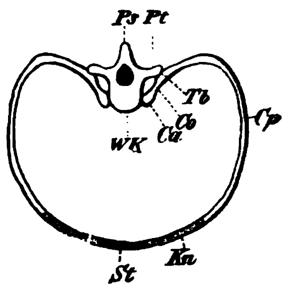



Fig. 254. Rippenring des Menschen. Ca Köpfchen, Co Hals, Tb Höckerchen der Rippe, Cp Rippenkörper, Kn Rippenknorpel, Pt Querfortsatz, Ps Dornfortsatz, St Brustbein, WK Wirbelkörper (aus Wiederheim).

Bogen, sonst besteht er jederseits aus Schulterblatt (Scapula) und Rabenschnabelbein (Coracoïd), Schlüsselbein (Clavicula); letztere beiden sind gewöhnlich mit dem Brustbein beweglich verbunden. Der Beckengürtel, der — ausgenommen die Fische — mit den Kreuzbeinwirbeln in enge Verbindung tritt, besteht in jeder Hälfte aus Hüft- oder Darmbein (Os ileum) und Sitzbein (Os ischii), Schambein (Os pubis). Die Schambeine schließen den Gürtel ventral in einer Symphyse (Säuger) oder bleiben getrennt (Vögel). Jeder der drei Knochen des Extremitätengürtels beteiligt sich an der Bildung der Gelenkpfanne für die Einlenkung der Gliedmaßen (Fig. 257). Ihr Skelett besteht in der primitiven Flosse der Selachier aus einer mehrfach gegliederten Achse, bei höheren Wirbeltieren aber aus einem zweiteiligen Gliedmaßenstamm und einem 5strahligen Gliedmaßenende (Fig. 259). Der Gliedmaßenstamm zerfällt in Oberarmbein (Humerus) und Unterarm, der aus zwei nebeneinander herlaufenden Knochen, Speiche (Radius) und Elle (Ulna) besteht. Das Gliedmaßenende setzt sich aus Handwurzel (Carpus), Mittelhandknochen (Metacarpalia), Fingergliedern (Phalanges) zusammen. Die entsprechenden Abschnitte der Hinterextremität sind Oberschenkelbein (Femur), Schienbein (Tibia) und Wadenbein (Fibula) für den Unterschenkel, ferner Fußwurzel (Tarsus), Mittelfußknochen (Metatarsalia) und Zehen.

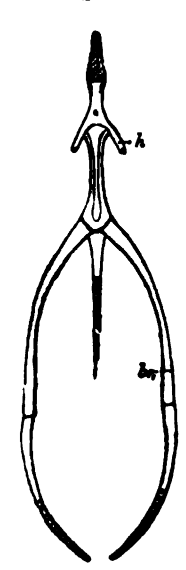



Fig. 255. Zungenbein des Huhns. h Zungenbeinbogen (vorderes Horn), br erster Kiemenbogen (hint. Horn) (nach Parker aus Boas).

Die unpaaren Gliedmaßen, Rücken-, Schwanz- und Afterflosse (Fig. 260) der Fische entstehen aus einem ursprünglich einheitlichen Flossensaum, der median vom Rücken über das Schwanzende und ventral bis zum After verlief (Fig. 259); ihr Skelett besteht aus zahlreichen hintereinander stehenden Flossenträgern, die sich über den Dornfortsätzen der Wirbel entwickeln (Fig. 277) und sich durch Flossenstrah-

l e n in die Flossen fortsetzen. Sie sind lose aneinander gelagert, vom Bindegewebe gehalten oder aneinander durch elastische Knorpel getrennt, andere stoßen in festgefügten Nähten zusammen oder sind verwachsen.

Alle Knochen sind von einer ernährenden, gefäß- und nervenreichen K n o c h e n h a u t (Periost) überzogen.

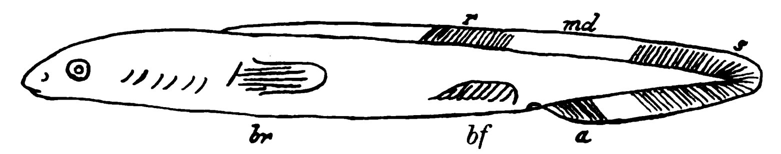



**Fig. 256. Entstehung der getrennten unpaaren Flossen der Fische aus der einheitlichen Anlage md, r Rücken-, s Schwanz-, a After-, bf Bauch-, br Brustflosse (nach Goette).**

Die M u s k e l n treten bei Fischen in Form von zwei langen S e i t e n r u m p f m u s k e l n in Rumpf und Schwanz auf; sie zerfallen in Höhe der Wirbelsäule in den R ü c k e n- und B a u c h m u s k e l, welche beide durch metamere, bindegewebige Scheidewände in Segmente (M y o m e r e n) geteilt sind (Fig. 260). Da dieselben in metamerer Anordnung trichterförmig ineinander stecken, treten sie auf dem Querschnitt des Körpers in konzentrischer Form auf (Fig. 258). Die Ausbildung paariger, gegliederter Extremitäten bedingt den Ersatz der Seitenrumpfmuskeln durch mannigfache, den Extremitäten angelagerten Muskelbündel, während die am Rumpfe verbleibenden Myomeren zu platten Muskelzügen, den g r a d e n und s c h i e f e n B a u c h m u s k e l n werden. Die Verbindung zwischen den Muskeln und Knochen erfolgt durch S e h n e n, die stellenweise verknöchern können (Sesambeine); sehr lange Sehnen laufen vielfach in S e h n e n s c h e i d e n.

**Fig. 257. Die linke Hälfte des menschlichen Beckens: Ansicht von außen und unten. 1 oberer, 2, 3 hinterer Rand des Darmbeins 4, 5 das Sitzbein, 6 das Hüftloch zwischen Sitzbein und Schambein, 7, 8 das Schambein, 9, 10 vorderer Rand des Darmbeins (aus Leunis).**



**Fig 258. Querschnitt durch den Schwanz des Lachses (aus Bernecke).**

Im C ö l o m bildet sich ein besonderer Herzbeutel (Perikard) und bei Säugetieren durch Auftreten einer queren muskulösen Scheidewand (Z w e r c h f e l l) unterhalb des Herzens und der Lungen eine vordere Brust- und hintere Bauchhöhle.

Der am Kopfe mit der Mundöffnung beginnende, an der Grenze von Rumpf und Schwanz mit dem After endigende D a r m ist meistens länger als der Abstand zwischen jenen; er liegt in zahlreichen Windungen, gehalten vom Gekröse (Mesenterium), einer großen Falte des Bauchfells (Peritoneum) (Fig. 288). Die Mundöffnung wird von den als Ober- und Unterkiefer bekannten Skelettbögen eingefaßt; auf den Kiefern, sowie auf anderen die Mundhöhle begrenzenden Knochen sitzen die Z ä h n e. Am fertigen Zahn sind der äußere steinharte Schmelz (Email), die von zahlreichen Kanälchen durchzogene Knochenschicht des Zahnbeins (Dentin) und die Pulpa zu unterscheiden. Letztere ist der Rest der Papille und stellt einen dünnen Blutgefäße

und Nerven führenden Strang dar, welcher sich in die Kanälchen des Zahnbeins fortsetzt und den Zahn ernährt. Der Zahn ist entweder dem Kiefer aufgewachsen oder mit der Zahnwurzel in eine tiefe Grube des zahntragenden Knochens (Alveole) eingesenkt. Wie der Schmelz den hervorragenden Teil, die Zahnkrone, überzieht, so bedeckt der Zement, ein echtes Knochengewebe, das Zahnbein der Wurzel. Vielfach fehlen Zähne (Vögel, Schildkröten, Wale) und sind durch mancherlei Hornbildungen ersetzt. Während bei den Kaltblütern die Zähne entsprechend ihrer Abnutzung häufig erneuert werden, findet bei den Säugetieren nur einmaliger, teilweiser Ersatz statt.

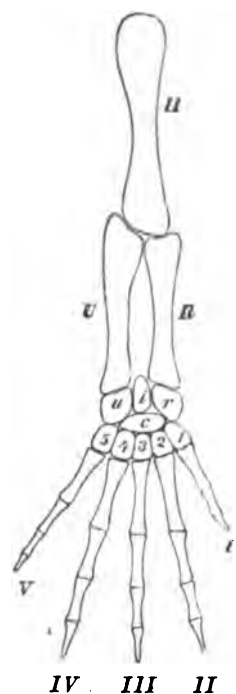



Fig. 259. Schema des Skelettes der Vordergliedmaße der Digitaten. H Oberarmknochen, R Speiche, U Elle, u Ulnare, i Intermedium, r Radiale, c Centrale, 1—5 erstes bis fünftes Carpale. I—V erster bis fünfter Finger (aus Boas).

In der Mundhöhle liegt die vom Zungenbein gestützte Zunge, ein Hilfsorgan für die Nahrungsaufnahme und Sitz des Geschmackssinnes. Drüsen des vorderen Darmabschnittes sind die Speicheldrüsen, die Schild- und die Thymusdrüse. Aus der Mundhöhle führt die enge Speiseröhre in den Magen (Fig. 337); weiter folgt der oft lange Dünndarm mit durch Falten und Zotten vergrößerter resorbierender Oberfläche und zwei bedeutenden Anhangdrüsen, Leber und Bauchspeicheldrüse (Pankreas). Der Beginn des letzten Darmabschnittes, des End- oder Mastdarmes ist häufig durch die Ansatzstelle des oft paarigen Blinddarms bezeichnet. Wenn das Darmende auch die Mündungen der Harn- und Geschlechtsgänge aufnimmt, so heißt es Kloake.

Die Atmungsorgane, Kiemen oder Lungen, stehen in Verbindung mit dem Vorderdarm. Die Kiemen sitzen als gefäßreiche Blättchen an den Kiemenbogen und ragen in die Kiemenspalten, welche von dem Vorderdarm durch die Körperwand nach außen führen. Kiemenspalten zeigen sich auch bei den Embryonen (Fig. 56) der landbewohnenden Wirbeltierklassen, der Reptilien, Vögel und Säugetiere, obwohl diese die Kiemenatmung aufgegeben und Lungen erworben haben. Diese

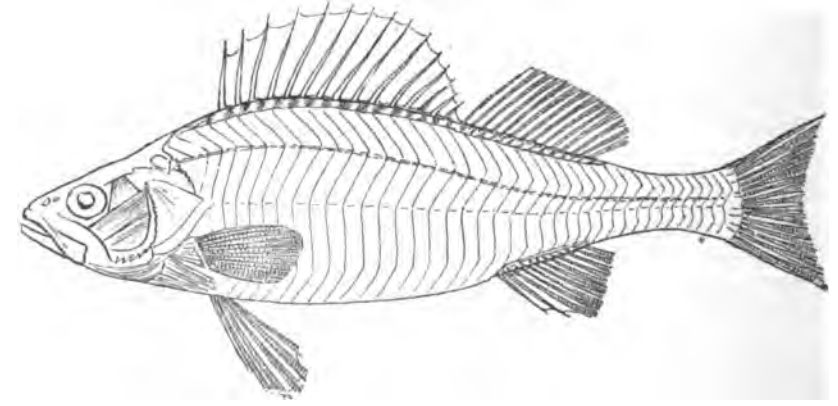


Fig. 260. Seitenrumpfmuskeln des Barsches und Seitenlinie (aus Benecke).

entstehen am Vorderdarm als eine unpaare ventrale Ausstülpung (Fig. 262), die sich bald in 2 Lungensäcke spaltet; von dem Lungensack geht ein Bronchus

aus, beide vereinigen sich zur Luftröhre (Trachea). Die Lungen der niedersten Amphibien sind einfache Hautblasen mit respiratorischem Gefäßnetz in der platten Wandung. Bei den Froschlurchen ist (Fig. 263) ihre Innenfläche durch reiche Skulptur aus Balken und Netzmaschen vermehrt und die Wandung kompakter. Bei Vögeln gehen von den Bronchien die wie Orgelpfeifen geordneten Luftröhrenäste aus, welche sich in ein Kapillarnetz auflösen, während bei Säugern die Bronchialverästelungen mit Luftsäckchen endigen. Der Anfangsteil der Luftröhre ist vielfach als Kehlkopf erweitert mit besonderen Knorpelringen ausgestattet, sowie durch die in seinem Innern an der Stimmritze ausgespannten Häute (Stimmlippen) ein Werkzeug zur Tonbildung geworden.

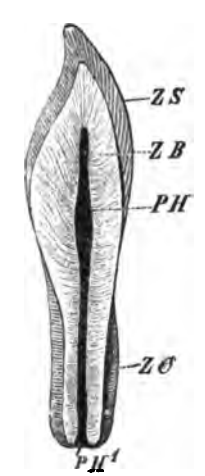



Fig. 261. Längsschnitt durch einen Zahn, halbschematisch. PH' Eingang in die Pulpahöhle PH, ZB Zahnbein, ZC Zahnzement, ZS Zahnschmelz (aus Wiedersheim).

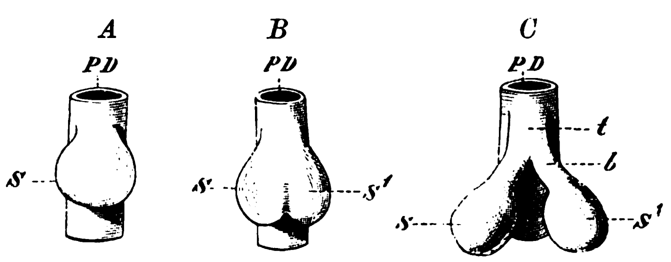



Fig. 262. A, B, C Schematische Darstellung der Lungenentwicklung. b Bronchus PD primitives Darmrohr, SS₁ das anfangs unpaare, später aber paarig werdende Lungensäckchen, t Luftröhre (aus Wiedersheim).

Das Blutgefäßsystem ist bei den mit Kiemen atmenden Fischen einfach. Ihr Herz besteht aus einer Kammer mit Vorkammer. Für die übrigen Wirbeltiere ist die Teilung des Herzens in 2 für den Atmungs- und Körperkreislauf bestimmte

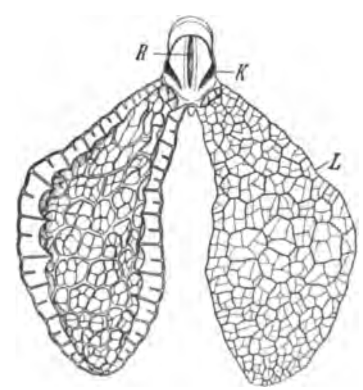



Fig. 263. Atmungsorgane des Wasserfrosches, von der Ventralseite, die rechte Lunge durchschnitten. L Lunge, K Kehlkopf, R Stimmritze (aus Claus-Grobben).

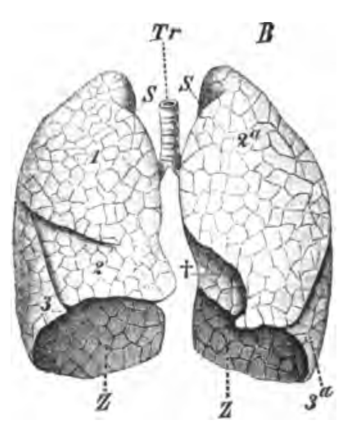



Fig. 264. Die Lungen des Menschen von der Ventralseite. 1—3 Lungenlappen, S Furchen für die Arteria subclavia, Z Zwerchfellfläche der Lunge, Tr Luftröhre (aus Wiedersheim).

Hälften bezeichnend, eine Teilung, die bei den Amphibien unvollkommen beginnt und bei den Krokodilen so gut wie vollzogen ist. Bei den Embryonen aller Wirbeltiere findet sich die Anlage von 6 Paar Kiemengefäßen (Aortenbögen), welche in die Aorta einmünden. Von diesen bleiben bei den Selachiern fünf, das 2.—6., bei den Knochenfischen vier Paar erhalten, während der Schwund derselben in der

aufsteigenden Reihe derart weitergeht, daß bei den Warmblütern nur noch ein einziger Bogen zur Aorta wird. Mit dem Venensystem steht der die Leber durchströmende Pfortaderkreislauf in Verbindung, dem sich bei den Fischen, Amphibien und Reptilien das 2. Pfortadersystem der Nieren zugesellt. Außerdem durchzieht den ganzen Körper ein besonderes Lymphgefäßsystem, das am Darm mit feinen Chylusgefäßen seinen Anfang nimmt. Die höheren Vertebraten sind durch einen längs der Wirbelsäule verlaufenden Hauptstamm des Lymphgefäßsystems ausgezeichnet. Dieses enthält Lymphdrüsen, welche die Lymphzellen erzeugen.

Als H a r n o r g a n e treten 3 Arten von Segmentalorganen auf. Sie sind als Abschnitte ein und derselben Anlage zu betrachten, die nacheinander von vorn nach hinten zur Ausbildung kommen und wieder verschwinden, sobald der nächsthintere Abschnitt reift; dieser Vorgang wiederholt sich noch in der Embryonalentwicklung der Amnioten. Da die Nierenorgane der Wirbeltiere in engster Beziehung zu den Leitungsgängen der Keimdrüsen stehen, werden Harn- und Geschlechtsorgane vielfach als U r o g e n i t a l s y s t e m zusammengefaßt.

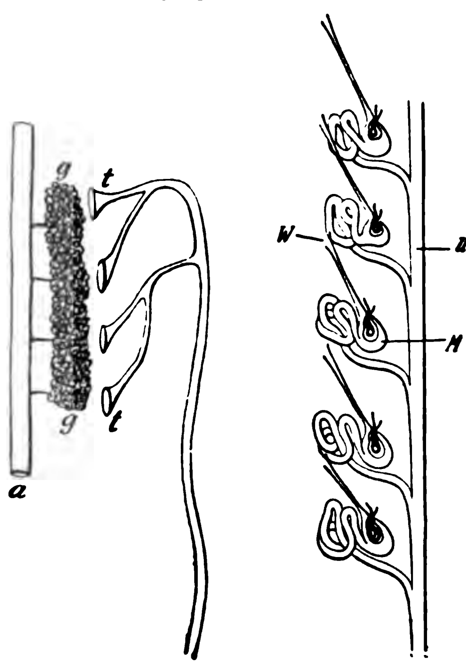



Fig. 265. Vorniere, schematisch. a Aorta, g—g Gefäßknäuel, Vornierengang, t Wimpertrichter (aus Boas).

Fig. 266. Stück der rechten Urniere eines Haifischembryos. W Trichter M Malpighisches Körperchen d. Urnierenkanälchen, U Urnierengang (aus Claus-Grobben).

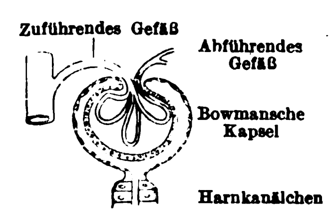



Fig. 267. Malpighisches Körperchen, schematisch (aus Stöhr).

Den Ausgangspunkt für die Entstehung liefert die V o r n i e r e (Fig. 265), paarige, mit Trichtern im Cölom beginnende Kanälchen, die jederseits in den V o r n i e r e n g a n g münden; während die Vorniere im Verlaufe des embryonalen Lebens stets schwindet, bleibt der Gang erhalten, indem er als Urnierengang die Ausleitung der hinter der einstmaligen Vorniere jederseits neu entstehenden U r n i e r e (Fig. 266) wird und in die Kloake mündet. Diese Urniere bleibt bei den Fischen und Amphibien während der ganzen Lebenszeit in Tätigkeit, ihr Gang ist also deren Harnleiter; dagegen wird sie bei den Amnioten von der bleibenden oder N a c h n i e r e abgelöst. Während die Urniere noch Wimpertrichter hat, geschieht die Aufnahme der Harnbestandteile bei der Nachniere durch die Malpighischen K ö r p e r c h e n (Fig. 267). Jedes derselben ist ein kleines, von einer Arterie abgezweigtes Wundernetz (Glomerulus), das von dem blinden Ende eines Harnkanälchens (Bowmansche Kapsel) kelchartig umfaßt wird und den Harn in letzteres diffundieren läßt. Neu entsteht auch der Harnleiter (Ureter) der Nachniere; als Harnblase fungiert bei den Fischen eine Erweiterung

des Harnleiterendes, bei Amphibien, Reptilien und Säugern eine Ausstülpung der Kloakenwand.

Das Zentralnervensystem legt sich beim Embryo als eine furchenähnliche Wucherung des Ektoderms (Medullarfurche) an, die sich später zum Nervenrohr schließt und unter das Ektoderm sinkt (Fig. 268). Am Vorderende dieses Nervenrohres entstehen sehr früh hintereinander 3 Anschwellungen, das Vorder-, Mittel- und

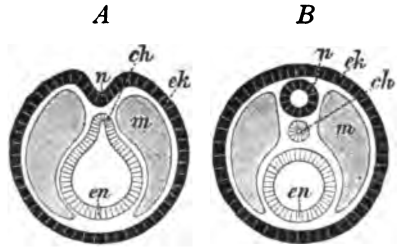



Fig. 268. Schematische Querschnitte zur Erläuterung der Bildung des Nervensystems und der Chorda bei den Wirbeltieren, A von einem jüngeren, B von einem älteren Embryo. ch Chorda, ek, en, m Ekto-, Ento-, Mesoderm, n Medullarfurche (in A), Nervenrohr (in B) (aus Boas).




Fig. 269. Embryonalanlage des Zentralnervensystems, schematisch. G Gehirn mit seinen drei primitiven Bläschen 1 Vorder-, 2 Mittel-, 3 Hinterhirnbläschen, R Rückenmark (aus Wiedersheim).

Hinterhirnbläschen (Fig. 269). Da sich aber das erste und letzte dieser Bläschen nachträglich halbieren, besteht das fertige Gehirn (Cerebrum) aus 5 Teilen, die von tiefen Einschnürungen getrennt sind: Vorder(Groß-)hirn, Zwischen-, Mittel-, Hinter- und Nachhirn (Fig. 270), an die sich der übrige Teil des Nervenrohres als Rückenmark anschließt; der ursprüngliche Hohlraum des Nervenrohres erhält sich sowohl im Rückenmark (Zentralkanal) wie als Hirnhöhlen (Ventrikel) im Gehirn. Bei niederen Wirbeltieren ist das Gehirn zur Masse des Rückenmarks klein, bei den höheren übertrifft es letzteres bedeutend. Das Vorderhirn ist gewöhnlich durch eine Längsfurche in 2 Hälften (Großhirnhemisphären) geteilt; vom Zwischenhirn erstreckt sich ein gestielter Anhang nach oben (Zirbel, Epiphysis), der bei Petromyzon augenartig ausgebildet ist,

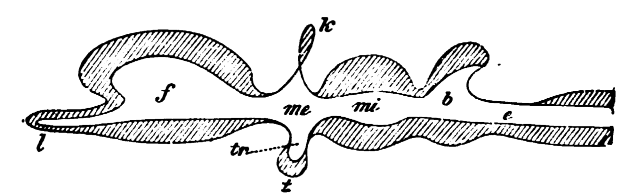



Fig. 270. Schematischer senkrechter Längsschnitt durch das Gehirn eines Wirbeltieres. f Vorder-, me Zwischen-, mi Mittel-, b Hinter-, e Nachhirn, l Riechkolben, k Zirbel, tr Trichter, t Hirnanhang (aus Boas).

während das Parietalauge der Eidechsen sich ihm vorlagert, und das Zwischenhirn unten zum Trichter (Infundibulum) mit dem unteren Hirnanhang (Hypophysis) vertieft ist. Das Hinter- oder Kleinhirn bedeckt vielfach großenteils das Nachhirn, das ohne scharfe Grenze in das Rückenmark übergeht, daher auch verlängertes Mark (Medulla oblongata) heißt. Als Sitz der Geistestätigkeit kommt die Außenschicht der Hemisphären in Betracht, daher diese an Masse und Flächenentwicklung durch gewundene Wülste in der Stufenleiter der Wirbeltiere ständig wachsen, bis sie beim Menschen die übrigen Gehirnabschnitte völlig überwuchert haben (Fig. 271).

Vom Gehirn entspringen 12 Paare von Gehirnnerven: Olfactorius, Opticus, Oculomotorius, Trochlearis, Trigeminus, Abducens, Facialis, Acusticus, Glossopharyngeus, Vagus, Accessorius, Hypoglossus. Das Rückenmark entsendet zwischen je 2 Wirkeln nach links und rechts einen Nerv. Jeder entspringt mit einer ventralen motorischen und einer dorsalen sensiblen Wurzel, die sich zu einem Stamm vereinigen; ihre Ausläufer zu den Gliedmaßen sind die peripheren Nerven-

geflechte. Sie entsenden außerdem einen Ast zum sympathischen Nervensystem. Dieses besteht aus einer Reihe von Ganglien, zu beiden Seiten der Wirbelsäule gelegen, welche durch Längsstränge verbunden sind und Nerven nach den Eingeweiden entsenden.

Als Tastorgane wirken die in der Haut, aber auch im Gekröse verbreiteten Tast- und Kolbenkörperchen. Das Geruchswerkzeug besteht bei den mit Kiemen Atmenden aus paarigen, bei Cyclostomen unpaaren, mit Sinnesepithel ausgekleideten Gruben am Vorderkopf; bei den Luftatmern aus vertieften Nasenhöhlen, welche durch die Nasengänge (Choanen) mit der Mundhöhle in Verbindung treten; gleichzeitig dient es zum Eintritt der Atemluft in die Lungen. Geschmacksknospen sitzen in der Mundhöhlenschleimhaut und auf der Zunge.

Neben den überall verbreiteten statischen Organen in Gestalt der halbzirkelförmigen Kanäle besitzen nur die Landbewohner ein besonderes Gehörwerkzeug (s. S. 618); die Paukenhöhle steht mit der Mundhöhle durch einen

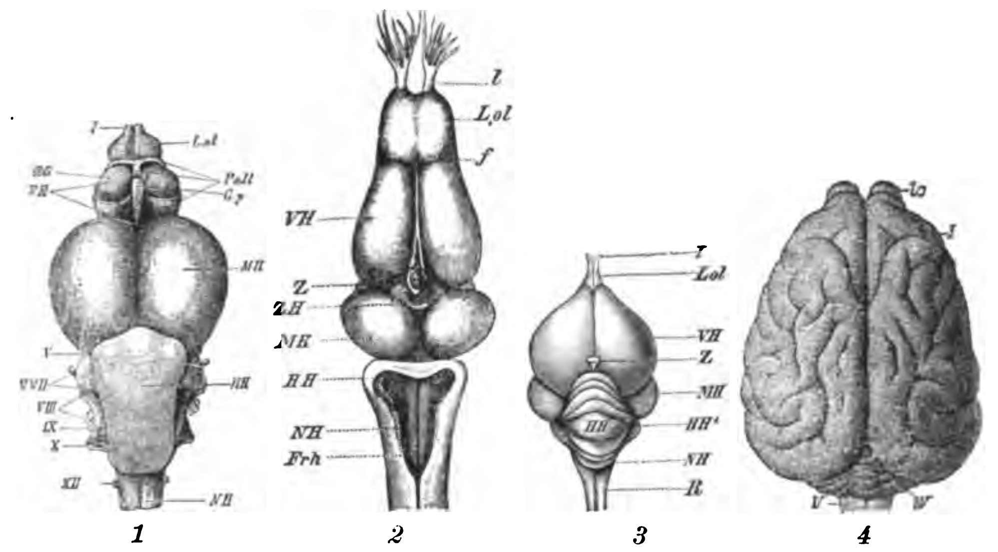



**Fig. 271.** Gehirn der Forelle (1), des Frosches (2), der Taube (3) und des Pavians (4). I Riechnerv, Lol Riechlappen des Vorderhirns, f Trennungsfurche gegen VH, VH Vorderhirn, ZH Zwischenhirn, GP, Z Epiphysis, MH Mittelhirn, HH Hinterhirn, NH Nachhirn, I—XII Wurzeln der Hirnnerven (aus R. Hertwig).

häutigen Kanal (Eustachische Trompete) in Verbindung. Die Augen entstehen als blasige seitliche Austreibungen des Vorderhirns, ihre Sehnerven entspringen aber an den Seiten des Zwischenhirns und kreuzen sich in dem Chiasma nervorum opticorum gleich über dem Ursprunge derart, daß der links entspringende Nerv zum rechten Auge verläuft und umgekehrt (Fig. 341). Das Auge (Fig. 272) stellt eine feste Kapsel dar, deren äußere bindegewebige Hülle die harte Augenhaut (Sclera) bildet. Diese ist an der vorderen freien Fläche als Hornhaut (Cornea) stärker gewölbt und durchsichtig; die gefäß- und pigmentreiche Aderhaut (Chorioidea) legt sich im hinteren Teil der Augenkapsel der Sclera an, während sie sich vorn als Regenbogenhaut (Iris) quer durch das Auge ausspannt und vom Sehloch (Pupille) durchbohrt ist; hinter der Iris bildet die Aderhaut einen von glatten Muskelfasern durchzogenen verdickten Ring, den für die Akkommodation wesentlichen Ciliarkörper. An der ganzen Hinterwand der Augenkapsel bis nahe zum Ciliarkörper liegt die aus Ganglienzellen und Sinnesepithel mit Stäb-

chen und Zapfen (Fig. 273) gebildete Netzhaut (Retina); in ihr breitet sich der hinten eintretende Sehnerv aus. Der ganze Hohlraum des Auges wird durch die hinter der Iris liegende Linse in zwei Kammern geteilt. Die hintere, den Hohlraum zwischen Linse und Retina, erfüllt der gallertige Glaskörper. Die vordere Augenkammer, den Raum zwischen Hornhaut und Iris, erfüllt eine seröse Flüssigkeit (Humor aqueus). Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt neben der optischen Achse des Augapfels und nimmt keine Lichtreize auf („blinder Fleck"), während die Gegend der Netzhaut, wo jene auftrifft, für besonders scharfes Sehen eingerichtet ist („gelber Fleck").

Mit Ausnahme einiger Fische sind die Wirbeltiere getrennten Geschlechts. Die Geschlechtsorgane liegen in paariger Anordnung beiderseits der Wirbelsäule. Nur bei Cyclostomen und Knochenfischen münden sie durch eigene Gänge aus, während bei allen anderen Wirbeltieren die Urniere nebst ihren Gängen für die Leitung der Geschlechtsprodukte benutzt

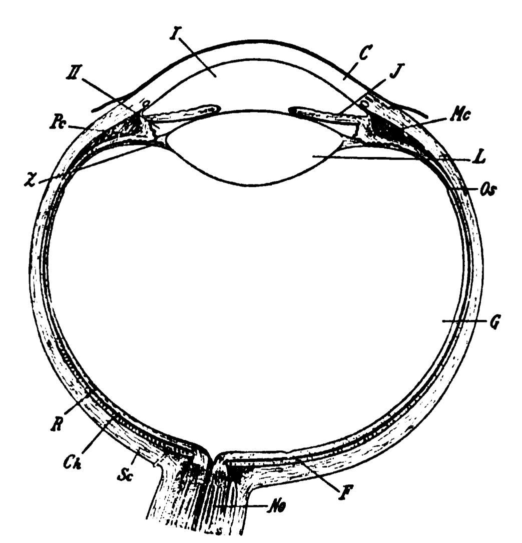



Fig. 272. Schematischer Durchschnitt des menschlichen Auges. No Sehnerv, Sc Sclera, Ch Chorioidea, R Retina, F gelber Fleck, G Glaskörper, L Linse, Pc Ciliarkörper, Mc Ciliarmuskel, J Iris, C Hornhaut, I vordere, II hintere Augenkammer (nach Toldt aus Claus-Grobben).

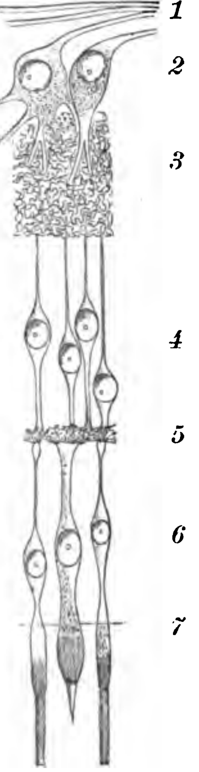



Fig. 273. Gliederung der Netzhaut, schematisch. 1 Nervenfasern, 2 Ganglienzellen, 3 Innere retikulare Schicht, 4 Innere Körnerschicht, 5 Aeußere retikulare Schicht, 6 Aeußere Körnerschicht, 7 Stäbchen-und Zapfenschicht (nach M. Schultze aus Claus-Grobben).

wird (Fig. 274). Aus dem Hoden führen die Samenkanälchen durch den vordersten, als Nebenhoden (Epididymis) auch bei den Amnioten erhalten bleibenden, Teil der Urniere hindurch und münden in einen vom Urnierengang abgespaltenen Wolffschen Gang, so daß der Urnierengang bei den Anamniern dem Harn- und Samenleiter, bei den Amnioten nur dem Samenleiter Entstehung gibt. Der Eileiter ist aus einem zweiten vom Urnierengang abgespaltenen Kanal, dem Müllerschen Gang, entstanden. Die Eierstöcke stehen nicht in Verbindung mit den Ausführungsgängen. Die vom Ovarium ausgestoßenen Eier fallen in die Leibeshöhle und werden mit dem trichterähnlichen Anfang („Tuben, Muttertrompete") des Eileiters aufgefangen und dann weiter geleitet. Die Eibildung geschieht follikulär in den sog. Graafschen Bläschen des Eierstocks, die beim

Austreten des Eies platzen und als gelbliche Narben (Corpora lutea) sichtbar bleiben können. Die ausgestoßenen Geschlechtsprodukte der meisten Fische und Amphibien vereinigen sich im Wasser; im übrigen findet Copula statt, die bei Froschlurchen zu äußerer, bei allen anderen Wirbeltieren zu innerer Befruchtung führt. Die Wirbeltiere sind vivipar oder ovipar; mit Metamorphose entwickeln sich Rundmäuler, manche Fische und die Amphibien.

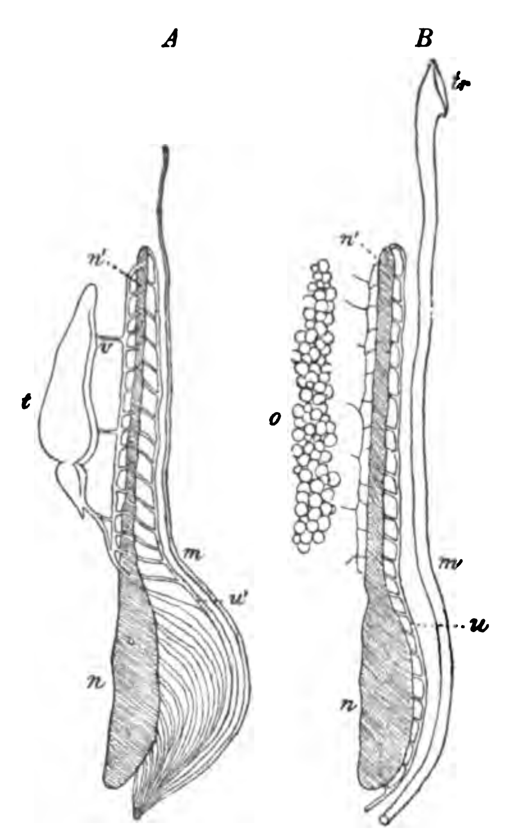



Fig. 274. Harn- und Geschlechtsorgane eines Schwanzlurchs, A eines ♂, B eines ♀, etwas schematisiert. t Hoden, o Eierstock, n Niere, n' vorderer schmälerer Teil der Niere, durch den beim Männchen der Samen passiert, v Verbindungskanälchen zwischen Hoden und Niere, u Harnleiter, u' Wolffscher Gang (beim ♂), m Müllerscher Gang, tr dessen Trichter (aus Boas).

Die Furchung der Eier ist äqual bei Säugern, inäqual bei einem Teil der Fische und den Amphibien, discoidal bei Knochenfischen, Haien, Reptilien und Vögeln. Sie führt zur Bildung eines Keimstreifens, aus dem der Embryo hervorgeht.

In der weiteren Embryonalentwicklung treten gewisse, für Ernährung und Schutz der Frucht bestimmte Einrichtungen auf. Der oft sehr reichliche Nahrungsdotter liegt an der Bauchseite des Embryo, geht allmählich in den Mitteldarm über und kann diesen und weiterhin die Bauchdecke so auftreiben, daß er sich von einer Stelle, dem Nabel, aus als Dottersack bis auf eine stielförmige Verbindung, den Nabelstrang, vom Darme abgliedert; durch Aufzehrung des Dotters kommt der Dottersack vor oder bald nach dem Ausschlüpfen zum Schwunde oder wird — bei den Säugetieren — abgeschnürt.

Der Embryo ist von Amnion, Serosa und Allantois als Hüllen umgeben. Das Amnion (Schafblase) entsteht als eine den Embryo kugelartig überwölbende, mit Flüssigkeit erfüllte Blase, indem vom Nabel aus sich zwei Hautfalten erheben, eineinander über dessen Vorder- und Hinterende hinweg entgegenwachsen und sich schließlich in der Mitte über dem Embryo vereinigen; das innere Blatt dieser Falte ist das eigentliche Amnion. Das äußere dehnt sich ringsum so weit aus, daß es schließlich den Dottersack mit umfaßt und sich als Serosa innen an die Eihaut anlegt).

Die Allantois (Harnsack), ursprünglich nichts als die Harnblase des Embryos, also eine Darmausstülpung, ist schließlich nur noch durch einen dünnen Stiel mit ihm in Verbindung; sie liegt wie der Dottersack zwischen Amnion und Serosa ist reich an Blutgefäßen und funktioniert als Atmungs- und Ernährungsorgan des Embryo. Die Embryonalhüllen werden beim Verlassen des Eies oder bei der Geburt vom Embryo abgestoßen. Da das Vorkommen von Amnion und Allantois sich bei den Wirbeltierklassen verschieden verhält, dient es mit zur Bildung größerer systematischer Abteilungen.

Wirbeltiere kommen im Meere, Süßwasser und auf dem Lande vor und sind zum Teil auch als Flugtiere zu langandauerndem Aufenthalte in der Luft befähigt. Die Fortbewegung geschieht vermittelst der paarigen Extremitäten, welche in mannigfacher Weise als Bewegungsorgane ausgebildet sind. Die gliedmaßenlosen Schlangen vermögen sich mit Hilfe der Muskulatur ihres gelenkigen Rumpfes zu bewegen, wobei der Kopf und die Rippen als Hilfsorgane herangezogen werden.

Der Begriff „Wirbeltiere" in dem Umfang, wie ihn Batsch (1788) und Cuvier (1812) im Gegensatz zu „Wirbellosen" einführten, und wie er später als einheitlicher Tierstamm angesehen wurde, wird heutzutage nicht mehr aufrecht erhalten. Zunächst sind von den Wirbeltieren die Akranier getrennt, beide aber mit den Tunikaten zum Tierstamm der Chordata vereinigt, in welchem die Vertebrata daher nur einen Unterstamm bilden. Auch die bisherige Einteilung in Klassen hat eine Aenderung erfahren, weil die Cyclostomen als gleichwertig den Klassen der Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger angereiht werden. Unter diesen stehen den flossen-



Fig. 275. Mundscheibe von Petromyzon marinus von unten (aus Benecke).

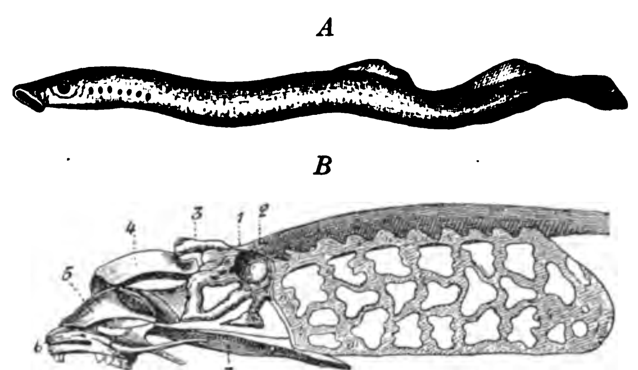



Fig. 276. A Flußneunauge (Petromyzon fluviatilis). B Schädel. 1 Gehirnkapsel, 2 Gehörkapsel, 3 Nasengrube, 4, 5, 6 Stützknorpel der Lippe, 7 Zungenknorpel; rechts hinter dem Schädel das Kiemengerüst (aus Leunis).

tragenden Wirbeltieren „*Pinnata*" jene mit gegliederten Extremitäten versehenen übrigen Wirbeltiere als *Digitata* gegenüber; ferner trennt das Fehlen oder der Besitz eines Amnions die Fische und Amphibien als *Anamnia* von den anderen, den *Amniota*. Auch ist die Verwandtschaft zwischen Reptilien und Vögeln so eng, daß sie wohl als S a u r o p s i d e n zusammengenannt werden.

§ 92. **1. Klasse. Cyclostomata. Rundmäuler.** Ohne paarige Gliedmaßen, mit bleibender Chorda und Knorpelskelett, kieferlosem, rundem Saugmund, unpaarer mittlerer Nasenöffnung und mit in Beuteln untergebrachten Kiemen.

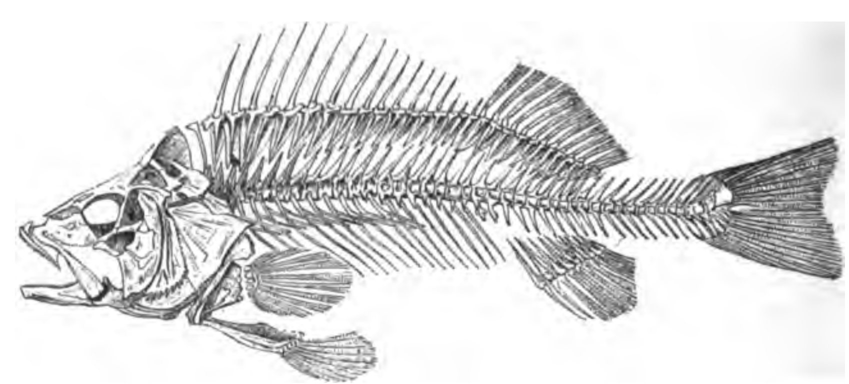
Der Körper ist wurmförmig zylindrisch (Fig. 276), die Haut glatt, schuppenlos, reich an Schleimzellen; unpaare Flossensäume sind von Knorpelstrahlen gestützt; eine derbe Scheide umgibt die Chorda. Dem Primordialschädel sitzt statt der fehlenden Kiefer ein Knorpelring an Mundrand an. Die trichterförmige Mundhöhle (Fig. 275) ist mit Hornzähnen ausgepflastert, der Darm gleichweit, von gradem Verlaufe und mit Spiralklappe versehen. Ein korbartiges Knorpelgerüst (Fig. 276 B) stützt jederseits 6—7 oder mehr Kiemenbeutel, jeder mündet (Fig. 277) mit einer Oeffnung in den Kiemendarm und mit einem Atemloche in die äußere Haut („Neunaugen"); jedoch vereinigen sich bei *Myxine* die sämtlichen Kiemengänge jeder Seite zu einer Oeffnung am Bauche. Eine Schwimmblase fehlt ebenso wie das Nierenpfortadersystem. Die Nieren sind segmentale Urnierengänge, die — bei den Myxiniden zwittrigen — Keimdrüsen unpaar; Harn- und Geschlechtsorgane münden hinter

dem After mit einem Genitalporus. Stets sind zwei Augen vorhanden, jedoch öfters unter der Haut versteckt. Das Geruchsorgan ist ein unpaarer Sack, der mit einer medianen Oeffnung zwischen den Augen beginnt; bei *Myxine* mündet es indessen durch einen hinteren Durchbruch in den Schlund, so daß das Atemwasser durch die Nase zu den Kiemen strömen kann, während die Mundöffnung der meistens angesaugten Tiere ihm keinen Eintritt gestattet. Die Rundmäuler durchlaufen eine Verwandlung mit blinden Larven („Querder, Ammocoetes"), die einen Tentakelkranz am zahnlosen Munde haben; nach langem Larvenleben vollzieht sich die Metamorphose rasch; sie sind teils Meeres- teils Flußfische, doch suchen auch erstere zum Laichen das Süßwasser auf. Gewöhnlich von kleinen weichen Wassertieren lebend, saugen sie sich auch an Fischen fest, um sie anzunagen; *Myxine* dringt sogar als einziger Schmarotzer unter den Wirbeltieren in die Leibeshöhle von Fischen ein. — *Petromyzon fluviatilis* L. Flußneunauge. — *Myxine glutinosa* L. Inger.



**Fig. 277. Horizontalschnitt durch Kopf und Kiemenregion eines Cyclostomen; die Kiemen sind auf der rechten Seite (des Tieres) eröffnet (aus Benecke).**

§ 93. **2. Klasse. Pisces. Fische.** Wasserbewohnende beschuppte Wirbeltiere mit unpaaren medianen Flossensäumen und zu Flossen entwickelten paarigen Gliedmaßen, mit Kiemenatmung und einfachem Herzen.



**Fg. 278. Skelett des Barsches (aus Benecke).**

Der Körper ist meist spindelförmig seitlich zusammengedrückt, doch besitzen viele Arten eine abweichende Körperform, es sei nur an Flunder, Aal, Seepferdchen erinnert. Die Fortbewegung der Fische geschieht durch die kräftige Rumpf- und Schwanzmuskulatur (s. o. 51), welche in ihrer Leistung von den unpaaren Flossen unterstützt werden, während die paarigen Extremitäten die Rückwärtsbewegung bewirken und zur Erhaltung der normalen Lage beitragen.

Das Skelett ist bei Stör und Lungenfischen wesentlich auf die Chorda als Stützorgan beschränkt; neben dieser ist eine knorplige Wirbelsäule (Fig. 251) mit oberen und unteren Bögen bei Selachiern entwickelt. Diese ist bei allen Knochenfischen durch ein knöchernes Skelett ersetzt, zwischen dessen amphizölen Wirbeln sich Chordareste erhalten (Fig. 252). In der Rumpfregion tragen die Wirbel der Selachier und Knochenfische Rippen, die bisweilen als Doppelpaare (Lachse, Heringe) auftreten; neben den echten Rippen bilden sich häufig im Fleische als Verknöche-

rungen der Muskelscheiden y-förmige Gräten. Auch das Kopfskelett weist alle Uebergänge von dem knorpligen Primordialcranium der Selachier und dem von einzelnen Deckknochen verstärkten der Störe zu dem fast vollständig verknöcherten Schädel der Knochenfische (Fig. 279) auf, in den zahlreiche Hautknochen einbezogen

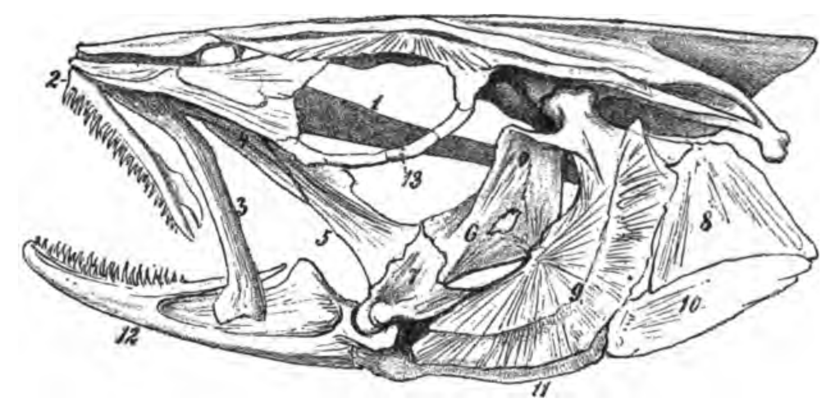


Fig. 279. Kopfskelett des Dorsches. 1 Pflugscharbein, 2 Zwischenkiefer, 3 Oberkiefer, 4 Gaumenbein, 5—6 Flügelbeine, 7 Quadratbein, 8—11 Platten des Kiemendeckels (8 Haupt-, 9 Vor-, 10 Unter-, 11 Zwischendeckel), 12 Unterkiefer, 13 untere Augenhöhlenknochen (aus Benecke).

sind. Während das Oberkieferbein (Maxillare) gewöhnlich zahnlos ist, hat der nach hinten verlängerte und verschiebbare Zwischenkiefer (Intermaxillare) ebenso wie der Unterkiefer einen Zahnbesatz. Der Kiemendeckel besteht aus vier hintereinander gereihten Platten. Der Zungenbeinbogen trägt außen eine Reihe von Knochenstäben, Kiemenstrahlen, Radii branchiostegi, als Stütze für die Kiemenhaut (Fig. 280), während die übrigen vier Bögen die Kiemen tragen.

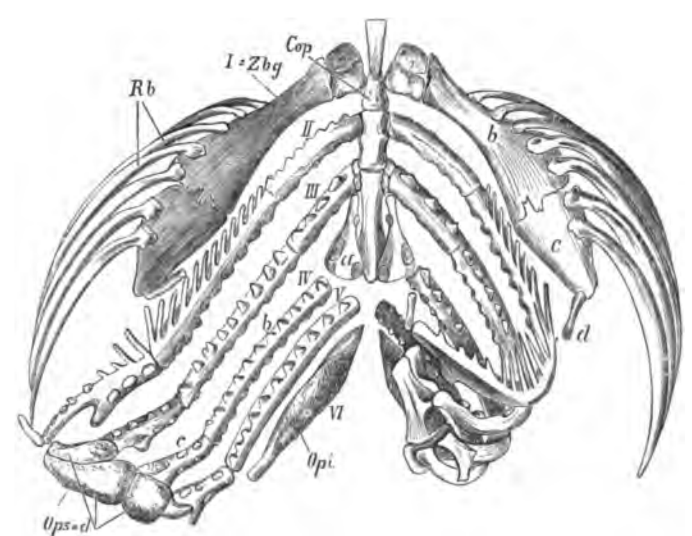


Fig. 280. Zungenbein und Kiemenbogen des Barsches. I = Zbg Zungenbeinbogen, II—V Kiemenbögen, a—d deren Glieder, die obersten Stücke (Ops) sind die oberen Schlundknochen, VI (Opi) untere Schlundknochen, Cop unpaare Verbindungsknochen der Visceralbögen, Rb Kiemenstrahlen (nach Cuvier aus Claus-Grobben).

Der unpaare Flossensaum kann vollständig erhalten sein (Lungenfische, Aal); meist ist er unterbrochen und in eine After-, Schwanz- und Rückenflosse gegliedert; bei den Barschen und Haien ist die Rückenflosse nochmals geteilt (Fig. 278, 281). Auf den oberen Dornfortsätzen der Rückenwirbel sitzen die Flossenträger als einfache knorplige oder knöcherne Stäbe, mit welchen bei Knochenfischen zur Stütze der Flossen die Flossenstrahlen gelenkig aufgesetzt sind. Sie treten entweder als harte Stachelstrahlen oder als weiche, der Länge nach mehrmals gespaltene und gegliederte Weichstrahlen auf (Fig. 283). Die Wirbelsäule der Schwanzflosse verläuft nur selten gerade unter

gleichmäßiger Ausbildung der oberen und unteren Schwanzhälfte (diphycerke Schwanzflosse), meist krümmt sich die Wirbelsäule nach oben. Bei Haien und Stören ist der obere von der Wirbelsäule gestützte Schwanzlappen bedeutend stärker ent-

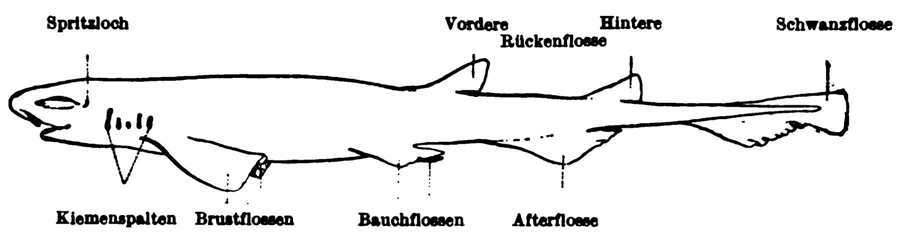



Fig. 281. Ein Haifisch, schematisch (aus Kükenthal).

wickelt, als der untere (heterocerk), während bei den meisten Knochenfischen, trotz dorsalwärts gerichteter Krümmung der Wirbelsäule, der Schwanz äußerlich symmetrisch (homocerk) ist. Die Vorderextremitäten, Brustflossen (Fig. 278) liegen dicht hinter den Kiemen; die Hinterextremitäten, Bauchflossen, sind entweder bauch-

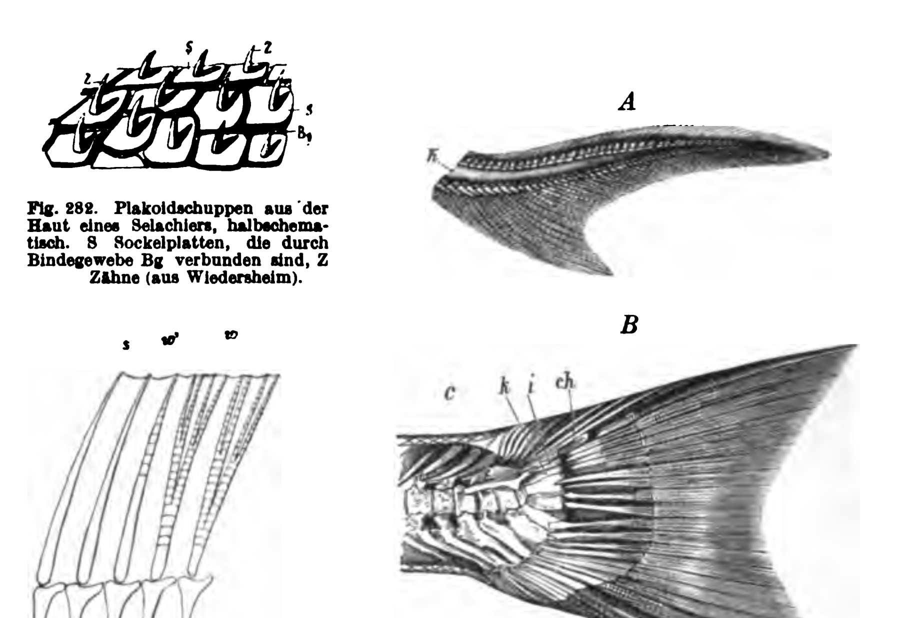



Fig. 282. Plakoidschuppen aus der Haut eines Selachiers, halbschematisch. S Sockelplatten, die durch Bindegewebe Bg verbunden sind, Z Zähne (aus Wiedersheim).

Fig. 283. Stück einer Flosse mit Stachelstrahlen (s) und Weichstrahlen (w, w) t Flossenträger (aus Boas).

Fig. 284. Schwanzflosse A heterocerk von Acipenser. B diphycerk von Salmo (aus Claus-Grobben).

oder bruständig; rücken sie vor die Brustflosse, so heißen sie kehlständig; der Beckengürtel ist stets ohne Verbindung mit dem Achsenskelett.

Die an Schleimdrüsenzellen reiche Haut ist mit Hautknochen, Schuppen, bedeckt, die in der Lederhaut befestigt und von der dünnen, lockeren Oberhaut überzogen sind (Fig. 285). Plakoidschuppen (Fig. 286) sind zahnartige Schuppen (Hautzähne), die zapfenartig auf einer kleinen Platte aufsitzen und an der Spitze eine Schmelzbedeckung tragen; Ganoidschuppen sind große, rhom-

bische, an den Rändern etwas übereinandergreifende Platten mit hartem, glänzenden Ueberzug. Die weicheren, lockersitzenden und sich dachziegelartig deckenden Schuppen (Teleostier) heißen R u n d- oder Z y k l o i d s c h u p p e n, wenn ihr freier Rand glatt, K a m m- oder K t e n o i d s c h u p p e n, wenn er gezähnelt ist (Fig. 286). Oft sind die Schuppen klein und in der Haut versteckt (Aal, Schlei), oft fehlen sie (Wels) oder sind zu festen Knochenplatten geworden (Kofferfisch). Die Schuppen wachsen durch Anlagerung am vorderen in der Hauttasche steckenden Ende; an der Struktur der Schuppe kann das Alter des Fisches bestimmt werden. Das letztere gilt auch von den Otolithen oder Hörknochen.

Die Mundöffnung ist häufig vom Vorderende des Kopfes ventral verschoben oder auch rüsselartig vorstreckbar (Fig. 287). Die Zähne sind entweder spitze, kegelförmige F a n g- oder breite M a h l z ä h n e; fast alle Knochen der Mundhöhle können bezahnt sein; Speicheldrüsen fehlen. Am Anfang des Mitteldarms




**Fig. 285. Längsschnitt durch die Fischhaut a Oberhaut, b Schuppen, c Lederhaut (aus Benecke).**




**Fig. 286. a Ktenoid oder Kammschuppe, b Zykloid- oder Rundschuppe (aus Leunis).**

finden sich öfters blinddarmartige Anhänge (Appendices pyloricae, Fig. 288); die Darmschleimhaut besitzt Längsfalten, welche bei Haien in Form einer großen Spiralfalte den Enddarm durchziehen. Karpfenartige Fische besitzen ein Hepatopankreas, entstanden durch Einbettung der Bauchspeicheldrüse in die Leber. Diese ist im allgemeinen stark entwickelt, mit Gallenblase. Der After liegt in der Regel am Rumpfende vor der Harn- und Geschlechtsöffnung, kann aber auch nach vorn rücken

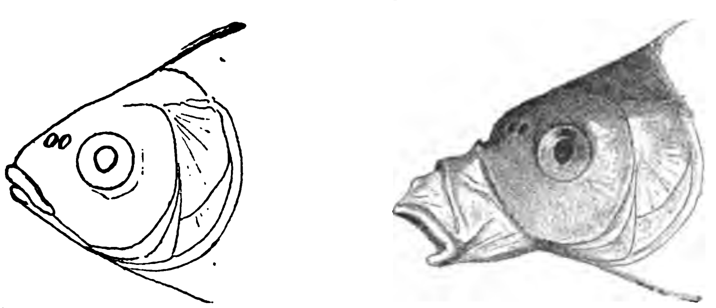


**Fig. 287. Kopf des Brassen mit geschlossenem und geöffnet weit vorgestrecktem Munde (aus Benecke).**

(Flunder); eine Kloake besitzen Haie und Lungenfische. Dicht unter der Wirbelsäule befindet sich die S c h w i m m b l a s e, ein der Lunge homologes Organ. Sie ist unpaar, nur bei Lungenfischen paarig, einfach oder zwei-, selten mehrkammerig, mit einem Gasgemenge gefüllt, das von einer besonderen Gasdrüse geliefert wird. Durch einen Kanal, Ductus pneumaticus, kann die Schwimmblase mit dem Darm in Verbindung stehen (Physostomi) oder sie ist blind geschlossen. Als hydrostatischer Apparat ermöglicht sie den Aufenthalt in verschiedenen Tiefen und regelt die Gleichgewichtslage. Zur Atmung dient sie den Dipnoern. Manchen (Haie, Flunder) fehlt die Schwimmblase.

Die Atmung geschieht mit K i e m e n, kleinen Blättchen, in welchen sich ein zuführendes und ein ausführendes Blutgefäß kapillar verzweigen und den Gasaustausch des Blutes mit dem Wasser ermöglichen. Aeußere Kiemen finden sich bei den

Embryonen von Haien und Lungenfischen, sonst liegen sie in besonderen Kiemenhöhlen, deren jede bei Selachiern mit einer besonderen Oeffnung nach außen mündet, während bei Knochenfischen eine gemeinsame Kiemenhöhle vom Kiemendeckel




**Fig. 288. Darmkanal der Forelle.** a Speiseröhre, b Magen, c Dünndarm d Blinddarmanhänge (aus Leunis).

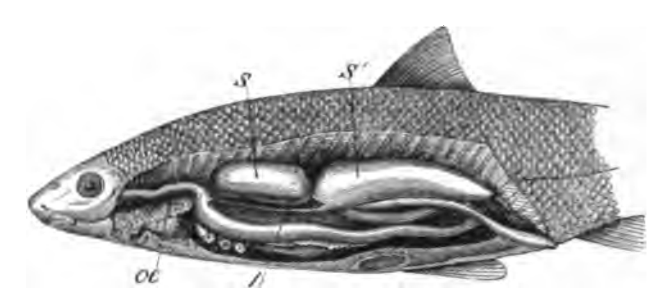


**Fig. 289. Längsschnitt durch einen Weißfisch.** S vordere, S' hintere Abteilung der Schwimmblase, oe Speiseröhre, l Luftgang der Schwimmblase (aus Semper).

überlagert ist. Erweiterungen der Kiemenhöhle mit besonderen Atmungsvorrichtungen finden sich bei Fischen, die zeitweise sich außerhalb des Wassers aufhalten (Labyrinthfische). Das H e r z besteht aus einem weiten Vorhof und einer muskulösen Herzkammer; an diese schließt sich bei Selachiern, Stören und Dipnoern der Herzkegel (Conus arteriosus) an, ein besonderer Abschnitt mit mehreren Reihen von Taschenklappen in der Wandung (Fig. 290), während bei den Teleostiern hier die Aorta mit einer zwiebelförmigen Erweiterung, dem Bulbus arteriosus, beginnt. Das Herz pumpt durch die unpaare Kiemenarterie Blut zu den Kiemen. Das hier arteriell gewordene Blut wird durch die absteigende Aorta weiter geleitet, wobei es im Körper seinen Sauerstoff abgibt, ehe es wieder in das Herz eintritt. Dieses wird daher nur von venösem Blute durchströmt; der Kreislauf, an den sich ein Pfortadersystem




**Fig. 290. Schematisch. Längsschnitt durch die Herzkammer (v), den Herzkegel (c) und den Aortenbulbus (t). k Klappen (aus Boas).**

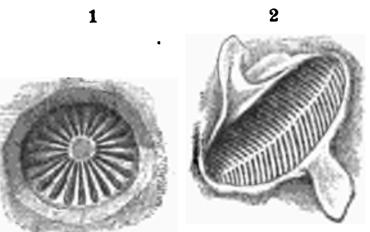



**Fig. 291. Geöffnete Nasengrube vom Stör (1) und Rochen (2) (aus Benecke).**

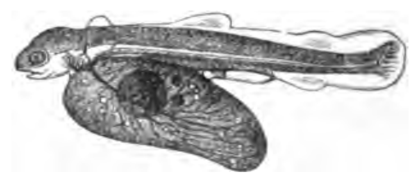


**Fig. 292. Eben ausgeschlüpfte junge Bachforelle mit anhängendem bauchständigen Dottersack (aus Nitsche).**

anschließt, ist einfach. Am G e h i r n (Fig. 271, 1) treten die Großhirnhemisphären noch nicht in den Vordergrund; die Riechlappen, aus denen die Riechnerven hervorgehen, erlangen bei den Haien mit ihrem sehr hohen Geruchsvermögen kolossale Größe. Die N a s e n h ö h l e n sind paarig, am Grunde geschlossen — ausgenommen die Lungenfische; die Riechschleimhaut (Fig. 291) zeigt starke Oberflächenvermehrung durch Faltenbildung. Besonders gestaltete Sinneszellen, im Bau den becherförmig gestalteten Tastorganen ähnlich, liegen in der Epidermis, an Kopf

und Rumpf in der Seitenlinie angeordnet. (Fig. 260.) Ein häutiges Labyrinth ist als statisches Organ vorhanden; das Gehörorgan dagegen fehlt — die Fische sind taub. Das Auge besitzt eine flache Cornea, aber kugelige Linse; ein Ciliarkörper fehlt; die Akkommodation erfolgt durch eine muskulöse Falte der Aderhaut, welche die Linse zurückziehen kann. Die Nieren erstrecken sich unter dem Rückgrat durch die ganze Leibeshöhle; der mit einer Harnblase versehene Harnleiter mündet gemeinschaftlich mit den Geschlechtsorganen, oder getrennt von diesen. Aus den unterhalb der Nieren gelegenen Ovarien gelangen die Eier entweder durch Platzen der Wandung in die Leibeshöhle und von hier durch einen Genitalporus nach außen (Lachse, Aale) oder die geschlossenen Eierstöcke besitzen Ausführungsgänge; ebenso wie die Hoden. Die Befruchtung ist meist eine äußere, Eier und Sperma werden in das Wasser entleert. Bei Haien, Aalmutter, Cyprinodonten findet Copula und innere Befruchtung statt. Diese Arten legen oft hartschalige Eier (Fig. 294) oder sind vivipar. Brutpflege ist sehr häufig, oft übernehmen sie die Männchen

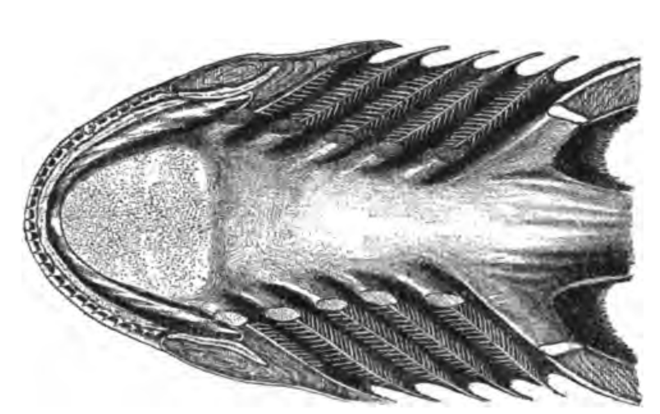


**Fig. 293. Horizontalschnitt durch Mund und Kiemenhöhle eines Haifisches (aus Benecke).**

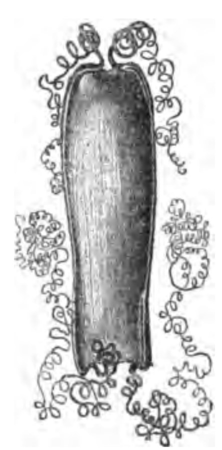


**Fig. 294. Hartschaliges Ei eines Haies (aus Benecke).**

(Stichling, Forellenbarsch, Maulbrüter). Viele Fische legen Hochzeitskleider an. Zum Aufsuchen der Laichplätze werden oft weite Wanderungen unternommen. Die Eier sind reich an Deuteroplasma, das die ausgeschlüpften Jungen oft noch in einem Dottersacke mit sich führen (Fig. 292). Vielfach sind die äußeren Organe des jungen Fischchens noch unentwickelt (Flossensaum der Forelle); Metamorphose findet sich stark ausgeprägt bei allen Aalen, Pleuronektiden u. a.

Die meisten Fische sind Meerestiere; viele leben im Süßwasser, andere wandern zum Laichen aus dem einen ins andere (Aal, Lachs). Einige Arten mit enger, das Austrocknen der Kiemen verhütender Kiemenspalte haben außerhalb des Wassers ein zähes Leben, manche verlassen freiwillig das Wasser (Kletterfisch). Die Fische sind z. T. Raubtiere, andere sind Kleintierfresser, wieder andere nehmen auch Pflanzen als Nahrung.

§ 94. 1. Unterklasse Selachii [Elasmobranchii, Plagiostomi]. Quermäuler. Knorpelfische mit Plakoidschuppen, bauchständigem Mund am verlängerten Kopf; 5 Paare Kiementaschen; Herzkegel.

Die Haut ist rauh infolge zahlreicher kleiner Plakoidschuppen (Fig. 282). Brustflossen breit, Schwanz heterocerk (Fig. 284). Der Schädel ist ein ungeteiltes Primordialcranium, die Wirbelsäule, wiewohl knorplig, schon in amphizöle Wirbel

geteilt. Auf den Kiefern stehen bei den Haien mehrere Reihen großer dolchförmiger am Rande gesägter Zähne, bei den Rochen Mahlzähne. Dünndarm mit langer Spiralklappe, die Schwimmblase fehlt. Die Kiemen sind an den Seitenwänden von fünf Paar Kiementaschen angewachsen, die sich nach außen durch ebensoviele Spalten der Körperhaut öffnen, bei Haien seitlich (Fig. 293), bei Rochen ventral gelegen; vor jenen wirklichen Kiementaschen liegt noch ein Paar verkümmerte, die sog. Spritzlöcher, welche eine rudimentäre Kieme enthalten. Mehrere Reihen Taschenklappen im Conus arteriosus. Als Schutz der sehr leistungsfähigen Augen dienen nicht nur freie Augenlider, sondern auch eine bewegliche Nickhaut. Die Fortpflanzung wird stets mit innerer Befruchtung eingeleitet, ein Abschnitt der Bauchflossen ist als Begattungsorgan umgebildet. Eier groß, von rechteckiger Form, mit derber lederartiger Schale, die sich an den Ecken in gedrehte Schnüre zum Befestigen am Tang verlängert (Fig. 294). Bei einigen viviparen Haien tritt der langgestielte Dottersack mit der Uteruswand in eine Verbindung, wie am Mutterkuchen der Säugetiere, so daß Nährstoffe aus dem mütterlichen Körper in die Gefäße des Dottersacks diffundieren. Fast alle Selachier sind marin und Räuber. Zu den Selachiern gehören Haie (*Selache maximus* Gunn., Riesenhai), Rochen (*Torpedo marmorata* Risso, Zitterochen) und Seekatzen (*Chimaera*).



Fig. 295. Horizontalschnitt durch Mund- und Kiemenhöhle einer Maräne mit weit voneinander gespreizten Kiemenbögen und Kiemendeckeln (aus Benecke).

2. Unterklasse Teleostomi. Fische mit kammförmigen, an den Kiemenbögen festgewachsenen Kiemen, mit einer Kiemenspalte und Kiemendeckel.

§ 95. 1. Ordn. Ganoidei. Schmelzschupper, Störe. Mit Knorpelskelett und Chorda; Schädel verlängert, mit einigen Belegknochen; Mund bauchständig, ohne Oberkiefer und Zähne, Schwanzflosse heterocerk. Haut nackt oder mit Reihen von großen Ganoidschuppen besetzt. Darm mit Spiralklappe, Schwimmblase mit Luftgang, Herz mit Conus arteriosus. Die äußerst zahlreichen Eier werden als Kaviar genützt. — *Acipenser sturio* L. Stör. — *A. ruthenus* L. Sterlet. — *A. huso* L. Hausen.

§ 96. 2. Ordn. Teleostei. Knochenfische. Mit weichen Schuppen, verknöchertem Skelett, meist 4 Paaren von Kiemen, ohne Spiralklappe, ohne Conus arteriosus, aber mit Bulbus arteriosus; in diesem nur 2 Klappen.

Schädel bis auf geringe Knorpelreste ganz verknöchert, Wirbel amphicoel. Die Schuppen sind zykloid oder ktenoid und bisweilen so klein und in der Haut versteckt, daß sie zu fehlen scheinen (Schleie, Aal). Die kammförmigen Kiemen (Fig. 295) sind an den vier Kiemenbögen angewachsen; diese liegen in gemeinsamer Höhle, unter dem Kiemendeckel, der unten in die von den Kiemenstrahlen (Fig. 280) des Zungenbeinbogens gestützte Kiemendeckelhaut übergeht. Die Kiemenspalte ist senkrecht. Die Schwimmblase kann den Luftgang verlieren und selbst fehlen. Harn- und Geschlechtsorgane münden hinter dem After mit dem auf einem Höcker stehenden Genitalporus. Sonst werden meistens sehr zahlreiche, daher kleine Eier abgelegt, einige sind vivipar.

1. Unterordn. Acanthopteri. Stachelflosser. Flossenstrahlen ungegliedert; entweder zwei Rückenflossen, von denen die erste nur Stachelstrahlen enthält, oder vor der einzigen Rückenflosse freistehende Stacheln; Bauchflossen brustständig; Schwimmblase geschlossen.

Fam. *Percidae.* Barsche. Mit Kammschuppen, gezähneltem Kiemendeckel und zwei Rückenflossen. Räuber. — *Perca fluviatilis*, Flußbarsch (Fig. 278).

2. Unterordn. Anacanthini. Kehl-Weichflosser. Flossenstrahlen weich, Bauchflossen stets kehlständig, Schwimmblase geschlossen oder fehlend.

Fam. *Gadidae.* Schellfische. Von gestreckter Spindelform des Leibes, mit schleimiger Haut und sehr kleinen weichen Schuppen, weitgespaltenem Maul, sowie mehreren Rücken- und Afterflossen. — *Lota lota* L. Aalraupe. Einzige Süßwasserform. — *Gadus callarias* L. Dorsch. — Gadus morrhua L. Kabeljau.

Fam. *Pleuronectidae.* Plattfische. Körper seitlich stark zusammengedrückt, mit kleiner Mundspalte, sehr langer ungeteilter Rücken- und Afterflosse; Augen unsymmetrisch auf einer Körperseite, die dann stärker pigmentiert und im Liegen und Schwimmen nach oben gekehrt ist. Diese Oberseite zu Farbenwechsel mittelst beweglicher Pigmentzellen (Chromatophoren) befähigt, in Anpassung an helleren und dunkleren Grund. Metamorphose: Junge Plattfische zuerst symmetrisch gebaut, schwimmen mit dem Rücken nach oben; erst mit dem Liegen auf dem Boden rückt allmählich das nach unten gekehrte Auge auf die Oberseite unter Verschiebung der Schädelknochen (Fig. 296). — *Pleuronectus flesus* L. Flunder. Im See-, Brack- und Süßwasser.




**Fig. 296. Wanderung des Auges bei den Plattfischen. 5 eine Art, bei der das Auge unter der bis zum Scheitel reichenden Rückenflosse durchwandert (aus Benecke).**

**Fig. 297. Untere Schlundknochen des Karpfens mit den Schlundzähnen, die in drei Längsreihen stehen (aus Walther).**

3. Unterordn. Physostomi. Bauch-Weichflosser. Bauchflossen bauchständig; Schwimmblase durch einen Luftgang in Verbindung mit dem Darm; weiche Flossenstrahlen, höchstens die ersten Strahlen hart.

Fam. *Cyprinidae*, Weißfische. Mundöffnung klein, oft mit Barteln, Kiefer zahnlos; die rudimentären 5. Kiemenbögen, die „unteren Schlundknochen" (Fig. 297), tragen 1—3 Längsreihen stumpfer Schlundzähne, die gegen eine an den oberen Schlundknochen sitzende hornige Kauplatte drücken, so daß die zwischen beiden Werkzeugen passierenden harten Nahrungsteile zermalmt werden können. Süßwasserfische, meistens Pflanzen- und Kleintierfresser, Sommerlaicher. — *Cyprinus carpio* L., Karpfen.

Fam. *Salmonidae.* Edelfische, Lachse. Hinter der Rückenflosse eine kleine weiche, strahlenlose Fettflosse; auf dem Pflugscharbein, einem Gaumenknochen, stehen kleine Zähne in Längs- und Querreihen (Fig. 299); Kiefer bezahnt. Die Eier

verlassen die Ovarien durch deren platzende Wandung und fallen in die Bauchhöhle, aus der sie durch den Geschlechtsporus entleert werden. Raubfische in kalten, meist fließenden Gewässern, auch im Meere, doch wird zum Laichen, das meist in den Winter fällt, stets das Süßwasser aufgesucht. Zur Fortpflanzung erhalten die Männchen ein Hochzeitskleid, und die Form des Unterkiefers ändert sich manchmal auffallend (Hakenlachse). — *Trutta fario* L. Bachforelle.

Fam. *Siluridae.* Welse.

Leib gerundet, mit breitgedrücktem Kopfe und nackter oder mit Knochenschildern gepanzerter Haut, langen Barteln, großen Brustflossen mit sehr starkem

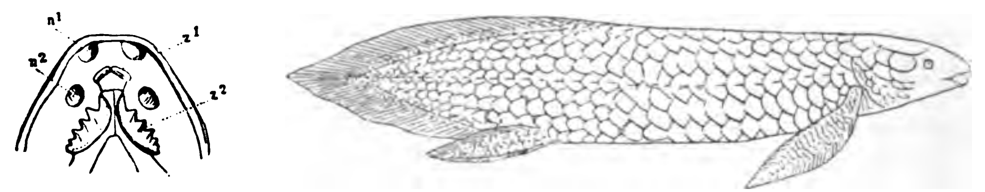



**Fig. 298.** Ceratodus forsteri. Gaumen desselben; $z^1$ die beiden schneidezahnförmigen Zähne am Pflugscharbein, $z^2$ die Zahnplatten des Gaumens, $n^1$ die äußere Nasenöffnung, $n^2$ innere Nasenöffnung (aus Leunis).

ersten Knochenstrahle und seitlich zusammengedrücktem Schwanze. — *Silurus glanis* L. Wels.

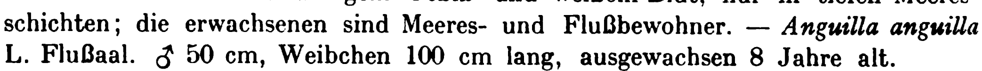
Fam. *Esocidae.* Hechte. Haut beschuppt, Kopf plattgedrückt, schnabelähnlich, mit weitgespaltenem Maule und starken Zähnen von zweierlei Größe auf dem vorgeschobenen Unterkiefer; Körper lang, fast drehrund, Rücken- und Afterflosse weit nach hinten gerückt. — *Esox lucius* L. Hecht.



**Fig. 299.** Pflugscharbein der Forelle (Trutta fario) (aus Leunis).

Fam. *Clupeidae.* Heringe. Leib seitlich zusammengedrückt, mit großen, leicht abfallenden Rundschuppen bedeckt; Maul mäßig weit, schwach bezahnt. — *Alausa alosa* L. Maifisch. Wandert aus dem Meer in das Süßwasser. — *Clupea harengus* L. Hering.

Fam. *Muraenidae.* Aale. Körper schlangenähnlich gestreckt, mit verkümmerten Schuppen, Flossensaum nicht unterbrochen, Kopf klein, Maul mit Zähnen von wechselnder Größe. Mit Metamorphose. Larve (*Leptocephalidae*) bandförmig, glasdurchsichtig, mit wenig verknöchertem Skelett, feinzähnigem Gebiß und weißem Blut, nur in tiefen Meeresschichten; die erwachsenen sind Meeres- und Flußbewohner. — *Anguilla anguilla* L. Flußaal. ♂ 50 cm, Weibchen 100 cm lang, ausgewachsen 8 Jahre alt.



§ 97. 3. Unterklasse Dipnoi, Lungenfische. Beschuppte, durch Kiemen und Lungen atmende Fische.

Kopf breit und flach mit kleinen seitlichen Augen und Nasenlöchern, die durch Choanen in die Mundhöhle reichen. Schwanzflosse diphycerk. Die paarigen Flossen dienen zum Schwimmen und Anstemmen und sind nach zwei verschiedenen Typen gebaut: entweder ist die häutige Flosse von einem Hauptstrahle aus Knorpelstücken mit knorpeligen Seitenstrahlen gebildet (*Ceratodus*) oder es ist nur ein Strahl mit einseitigem Flossensaume vorhanden (*Protopterus*). Am Skelett ist die Chorda vollständig erhalten, der Knorpelschädel aber teilweise von Knochen bedeckt; namentlich sind die Kiefer sehr stark verknöchert und tragen einige wenige

große Zahnplatten (Fig. 298). Die vier oder weniger Paar Kiemen liegen unter einem Deckel, auf dem bei *Protopterus* noch drei äußere Kiemenbäumchen sitzen. Paarige oder unpaare am Rücken gelegene Säcke münden von oben in den Schlund, sind also morphologisch Schwimmblasen, physiologisch aber Lungen, da ihre Innenfläche respiratorisch tätig ist; sie nehmen Blut aus dem letzten Aortenbogen und schicken arterielles Blut zum Herzen. Dem Vorhandensein der Lungen entspricht eine Verdopplung des Kreislaufes und unvollkommene Teilung des Herzens im Vorhofe und Arterienstamme. Den Darmkanal durchzieht eine Spiralklappe. Die einen Uebergang zu den Amphibien bildenden Dipnoer kommen in Australien, Südamerika und Afrika vor; als Bewohner des Süßwassers vermögen sie bei Verringerung des Sauerstoffgehaltes ihres Wohngewässers Luft durch die Lungen zu atmen und bei völligem Austrocknen der ersteren in einer Schlammkapsel in Trockenschlaf zu verfallen. Sie leben von Kleintieren und Pflanzen. — *Ceratodus forsteri*, Krefft, Australien. — *Protopterus annecteus* Oven, Senegal. — *Lepidosiren paradoxa* Fitz, Brasilien. Die beiden letzten mit Metamorphose. Larve der Kaulquappe ähnlich.

§ 98. **3. Klasse. Amphibia. Lurche.** Wechselwarme Wirbeltiere mit Lungen und vorübergehender oder dauernder Kiemenatmung, einfacher Kammer und geteilter Vorkammer des Herzens; Bulbus arteriosus und Conus arteriosus vorhanden; Entwicklung gewöhnlich mit Metamorphose.

Der in deutliche Regionen geteilte Rumpf wird von echten gegliederten Extremitäten getragen, die zum Laufen, Springen, Klettern und Schwimmen dienen können; im letzten Falle sind die Zehen oft durch Schwimmhäute verbunden. Wenn die Gliedmaßen teilweise verkümmert sind, übernimmt ein langer und hoher Ruderschwanz die Bewegung; fehlen sie ganz, dann wühlen die Tiere nach Art der Regenwürmer in der Erde. In der weichen, sehr drüsenreichen Haut treten Pigmente auf, bei Fröschen, veränderliche Chromatophoren. Skelett mit knöchernen Wirbeln, diese opistocoel bei den Schwanzlurchen (*Urodela*), procoel bei den Froschlurchen (*Anura*). Die kurzen Rippen entbehren eines Anschlusses an das oft knorpelige Brustbein. An dem kleinen und sehr einfach gegliederten Gehirn (Fig. 271, 2) sind die Hemisphären verhältnismäßig größer als bei den Fischen, Riechlappen groß. Zum Augenschutz sind ein oberes Lid und eine Nickhaut (*Anura*) oder 2 Lider (*Salamandra*) vorhanden; der große Augapfel der Frösche kann durch einen Muskel weit in die Höhle zurückgezogen werden. Bei den letzteren tritt auch ein zum wirklichen Gehörorgan ausgebildetes Mittelohr auf; Nasengruben und Mundhöhle durch Choanen verbunden. Mund breitgespalten, Kiefern- und Gaumenknochen mit zahlreichen kleinen Zähnen zum Festhalten der Beute; den Kröten fehlen Zähne. Die Zunge ist bei den Fröschen vorn angewachsen und wird mit dem gegabelten Hinterende herausgeklappt. Darm mit deutlichem Magenabschnitt. Die Larven atmen durch Kiemen; einige Familien haben auch im erwachsenen Zustande 3—4 Paar Kiemen, die bald von einem häutigen Deckel (Kiemenspalte) hinten bedeckt sind, bald als verästelte Außenkiemen frei liegen; im erwachsenen Zustand herrscht aber die Atmung durch 2 Lungensäcke vor. Die Luftröhre der Frösche ist zu einem Stimmorgan ausgebildet, das sich seitlich in zwei nach außen an der Oberfläche vorzutreibende Schallblasen vergrößert. Da Rippen und Zwerchfell fehlen, geschieht die Atembewegung durch Heben und Senken der Lungen vermittelst der Bauchmuskeln und des Zungenbeins. Das Entweichen der eingesogenen Luft wird durch bewegliche Hautkläppchen über den Nasenlöchern verhindert. Die stets feuchte Haut sowie die Mundschleimhäute sind in hohem Grade respiratorisch tätig; *Salamandrina* hat keine Lungen. Der Kreislauf

erfolgt ähnlich wie bei den Fischen, während die Benutzung der Lungen weitgehende Verminderung der Aortenbögen herbeiführt. Der Vorhof des Herzens ist mehr oder weniger vollkommen geteilt; die ungeteilte Kammer erhält von den Lungen arterielles, aus dem Körper venöses Blut, das Herz führt daher gemischtes Blut. Pfortader- und Nierenkreislauf sind vorhanden; in den Lymphbahnen sind pulsierende Lymphherzen eingeschaltet. Die bei den Urodelen gestreckten, bei den Anuren mehr gedrungenen paarigen Urnieren leiten ihr Exkret durch Harnleiter ab, die jedoch in die von der Kloakenwand in die Leibeshöhle ausgestülpte Harnblase nicht eintreten. Als Leitungswege der paarigen Geschlechtsdrüsen dienen die Urnierengänge, die in die Kloake münden. Sekundäre Geschlechtsunterschiede sind nicht selten, bald dauernd (Daumenschwiele der Froschmännchen), bald nur zur Fortpflanzungszeit vorhanden (Rückenkamm, Hochzeitskleid der Molche). Nur bei den Schwanzlurchen ist die Befruchtung eine innere, da das ♀ die vom ♂ ausgestoßene Samenkapsel in seine Kloake aufnimmt, sie laichen (Molch) oder sind vivipar (Landsalamander). Sonst ist selbst da, wo eine Vereinigung der Geschlechter stattfindet (Froschlurche), die Befruchtung äußerlich. Meistens werden die Eier von einer gallertigen, sehr quellfähigen Substanz, welche die Eileiterwandungen ausscheiden, in Schnüren (Kröten) oder Klumpen (Frösche) zusammengehalten; Brutpflege (S. 630); häufig nur vom ♂ ausgeübt: die männliche Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans* L.) wickelt die Eierschnüre um die Hinterschenkel, um sie bis zum Auskommen mitzuführen. Das ♂ der Wabenkröte streicht die Eier auf den Rücken des ♀, wo sie einzeln von der Haut überwuchert werden; die Jungen verlassen erst nach der Metamorphose diese Wabenzellen.

Die Entwicklung geschieht nach inäqualer Furchung ohne Amnion und Allantois. Das kiementragende Larvenstadium (Fig. 55) ist ans Wasser gefesselt, die erwachsenen Lungenatmer sind großenteils Landtiere, trotzdem bindet ihr Hautatmungsbedürfnis sie an feuchte, schattige Umgebungen. Ihr Stoffwechsel ist träge und längerer Unterbrechung durch Winter- und Trockenschlaf, sogar Einfrieren fähig. Erwachsen sind sie sämtlich Tierfresser.

§ 99. 1. Ordn. Urodela. Schwanzlurche. Langgestreckte Amphibien mit Schwanz und vier bei manchen Arten verkümmerten Beinen, mit oder ohne äußere Kiemen.

Molchähnliche Lurche; manche behalten ihre Kiemen zeitlebens und sind Wassertiere, andere verlieren sie und leben als Lungenatmer auf dem Lande, suchen aber das Wasser zur Fortpflanzungszeit auf. (*Proteus anguineus* Laur.) Grottenolm, dauernd mit Kiemen, die Beine verkümmert. — *Salamandra maculosa* L. Schwanz drehrund ohne Flossensaum, Feuersalamander, lebendiggebärend. — *Molge* (*Triton*) *cristata* Laur. Kammolch. Schwanz flach mit Flossensaum.

2. Ordn. Anura. Froschlurche. Schwanzlose Lurche mit gedrungenem Körper, prozölen Wirbeln, und kräftigen Gliedmaßen, Paukenhöhle und Trommelfell.

Rumpf verkürzt, Hinterbeine verlängert, meist zum Springen geeignet. 9 Rükkenwirbel, das Kreuzbein mit den langen Darmbeinen des Beckens und dem stabförmigen Steißbein (Os coccygis) verwachsen (Fig. 300). Rippen fehlen, Querfortsätze der Wirbel beträchtlich verlängert; die beiden Knochen des Unterarms und -schenkels sind verschmolzen; das Gelenk zwischen Fußwurzel und Mittelfußknochen ist sehr beweglich, wodurch das Abschnellen beim Sprunge gefördert wird. Bei den Kletternden (Laubfrosch) finden sich Haftscheiben an den Finger- und Zehenspitzen. Das Trommelfell ist sichtbar. Große Hautdrüsen scheiden einen ätzenden Saft ab (Kröten). Ausschließlich im Wasser halten sich nur wenige Arten

dauernd auf, manche leben fast ständig auf dem Lande. Laich in Schnüren oder Klumpen abgelegt. Die Eier entlassen beinlose Larven, Kaulquappen mit komprimiertem Ruderschwanz. Herz einfach; Atmung durch Kiemen, zwei kehlständige Sauggruben dienen zum Festhalten an Wasserpflanzen. Mundöffnung mit Hornscheide. Darmkanal lang spiralig aufgerollt; Kiemen anfangs verästelt frei, später als Kiemenblättchen in Kiemenhöhle verborgen. Lungenatmung tritt ein, das Herz wird doppelt, die Kiemen gehen verloren. Die Hinterbeine erscheinen zuerst, dann Vorderbeine, der Schwanz wird resorbiert. — *Rana esculenta* L. Wasserfrosch. — *Bufo vulgaris* Laur. Gemeine Kröte.

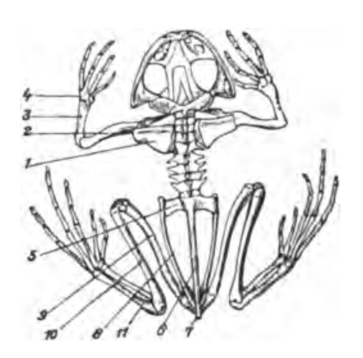


**Fig. 300. Skelett des Laubfrosches.** 1 Schulterblatt, 2 Oberarm, 3 Unterarm, 4 Handwurzel, 5 Kreuzbein, 6 Steißbein, 7 Sitzbein, 8 Darmbein, 9 Oberschenkel, 10 Unterschenkel, 11 Fußwurzel (aus Wossidlo).

§ 100. 4. **Klasse. Reptilia.** Kriechtiere. Mit hornigen Schuppen oder Schildern bedeckte, ursprünglich vierbeinige und eierlegende Amnioten, deren Blutkreislauf unvollkommen geteilt ist.

Der langgestreckte, nur bei den Schildkröten gedrungene Rumpf wird von den meist kurzen Beinen nur unvollkommen gestützt. Die Epidermis ist stets zu festen Schuppen verhornt und wird bei den regelmäßig wiederkehrenden Häutungen als Ganzes abgestreift; Teile der Lederhaut können zu harten Schildern und Platten verknöchern, die einen Hautpanzer bilden (Schildkröten, Krokodile). Hautdrüsen finden sich an Schenkeln (Eidechsen) und am After (Krokodile). Die Haut ist reich an Pigmentzellen (Chamäleon). Die Zehen tragen Krallen. Die Wirbeln sind meist prozöl; Rippen können in der ganzen Länge des Rumpfes auftreten, mit Ausnahme des ersten Halswirbels (Atlas). Das Brustbein fehlt den Schlangen. Der völlig verknöcherte Schädel (Fig. 302) sitzt mit einem unpaaren Gelenkhöcker (Condylus) des Hinterhauptbeines dem Atlas auf; das Quadratbein verbindet den Unterkiefer mit dem Schädel; es ist mit letzterem bei Schildkröten und Krokodilen unbeweglich, bei Eidechsen und Schlangen beweglich verbunden. Die Zähne sind entweder dem Kieferrande aufgewachsen (akrodont) oder seitlich angesetzt (pleurodont) oder in Alveolen eingesenkt: thekodont (Krokodile) (Fig. 301); auch Gaumen- und Flügelbeine können Zahnträger sein. Den Schildkröten fehlen die Zähne. Die Zunge ist einfach oder gespalten oder wurmförmig mit verdickter, schleimdrüsenreicher Spitze (Chamäleon). Die Speiseröhre ist sehr weit und dehnbar. Der After liegt in einer Kloake, die bei Schlangen und Eidechsen ein querer Spalt ist. Die Atmung erfolgt ausschließlich durch Lungen. Am Eingange der Luftröhre ist stets ein Kehlkopf vorhanden; die Atembewegungen werden — die Schildkröten ausgenommen — von den Rippen ausgeführt. Die Trennung der beiden Vorhöfe des Herzens ist vollkommen, jene der Herzkammer noch unvollständig; in den Adern strömt arterielles und venöses Blut gemischt. Die Nieren scheiden einen breiigfesten, kalkweißen Harn aus, nachdem er sich bei Eidechsen und Schildkröten in einer Harnblase gesammelt hat. Die Hemisphären des Gehirns sind stark entwickelt. Die Zirbel ist vielfach noch ähnlich einem Blasenauge gebaut und liegt unter einem nur von Haut überkleideten Loche im Schädeldach. Die beiden Augenlider der Schlangen und gewisser Eidechsen verwachsen vor der Cornea zu einer durchsichtigen gewölbten Kapsel, die bei der Häutung mit abgestoßen wird. Das Geruchsorgan zeigt stark entwickelte Schleimhäute. Zu der

inneren Befruchtung dient ein, bei Eidechsen und Schlangen verdoppelter, Penis, der den Samen mit einer äußeren Rinne leitet. Die Fortpflanzung geschieht durch Eier mit lederartig derber oder harter, auch kalkiger Schale, die in feuchte und warme Erde eingegraben werden; bisweilen entwickeln sich die Jungen im Eileiter (Blindschleiche). Die Eischale wird von den jungen Schildkröten und Krokodilen mit Hilfe der Eischwiele, eines an der Schnauzenspitze gelegenen Hornzahnes, geöffnet.

Die zählebigen Kriechtiere können lange hungern; viele halten einen Winter- oder Sommerschlaf (Tropenbewohner).

Die Reptilien sind Tierfresser, nur manche Schildkröten verzehren krautartige Pflanzen. Die meisten sind Landtiere, viele (Krokodile, Schildkröten, Schlangen) lieben das Wasser, daneben gibt es ausschließlich wasserbewohnende Seeschlangen und Schildkröten.

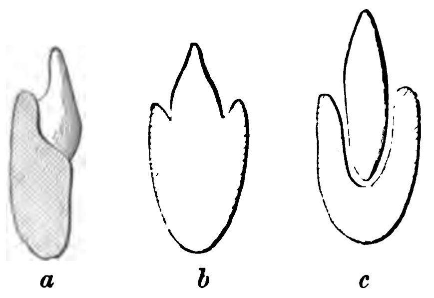



Fig. 801. Schema der pleurodonten (a), akrodonten (b) und thekodonten (c) Zähne (aus Wiedersheim).

§ 101. 1. Ordn. Chelonia. Schildkröten. Körper gedrungen, mit einem aus Rücken- und Bauchschild gebildeten knöchernen Panzer. Die Kiefer sind zahnlos, mit Hornscheiden bekleidet.

Mit den verbreiterten Dornfortsätzen der Brust und Lendenwirbel und den Rippen vereinigen sich zahlreiche Hautknochen zur Bildung des Rückenschildes (Fig. 6), während das Bauchschild nur aus Hautknochen besteht; an den Seiten stehen Rücken- und Bauchpanzer miteinander in Verbindung. Derselbe wird außen von verhornten Epidermisplatten („Schildpatt") bedeckt, welche in ihrer Größe und Anordnung nicht mit den darunter liegenden Knochen übereinstimmen. In diese Schale können Kopf, Gliedmaßen und der kurze Schwanz zurückgezogen oder eingeschlagen werden. Die Schädelknochen sind durch Nähte äußerst fest miteinander verbunden; der Gesichtsteil ist wegen der fehlenden Nasenbeine sehr kurz. Den Mangel aller Zähne ersetzt die Bekleidung der Kiefer mit scharfen, gezähnelten Hornscheiden nach Art des Vogelschnabels. An den Augen finden sich Lider und Nickhaut. Die Gliedmaßen sind bei den landlebenden Formen Laufbeine, meistens mit spitzen Krallen an den deutlich getrennten Zehen, bei den Seeschildkröten abgeplattete Flossen, deren Zehen großenteils verschmelzen. Die Geschlechtswege münden in die Harnblase. Die Eier sind fast kugelrund, ihre Schale ist bei den Meeresformen pergamentartig, sonst hart. — *Emys orbicularis* L. Europäische Sumpfschildkröte, in Norddeutschland Naturdenkmal.

§ 102. 2. Ordn. Crocodilia. Krokodile. Eidechsenähnliche, mit Horn- und Knochenschildern bedeckte Reptilien, mit zahlreichen thekodonten Zähnen und Schwimmhäuten an den Hinterfüßen.

Der Körper geht in einen langen, zusammengedrückten, oben gekielten Ruderschwanz aus. Die prozölen Wirbel tragen Rippen, die ein Brustbein vereinigt; hintere Bauchrippen, die sich mit einem Sternum abdominale verbinden sind aus Sehnenverknöcherungen entstanden. Schlüsselbeine fehlen. Schädel abgeplattet, stark knochig; die verlängerten Kiefer mit zahlreichen spitzen Zähnen bewaffnet. Nasenlöcher und Ohröffnung sind durch Hautfalten verschließbar, die Zunge ist dem Boden der Mundhöhle glatt angewachsen. Speicheldrüsen fehlen. Das Herz ist vollkommen geteilt, nur in der Scheidewand der Ventrikel bleibt eine, vom Blutstrom

aber nicht berührte Oeffnung. Die hartschaligen Eier werden von der Mutter bewacht. Räuberische Süßwasserbewohner, zumal in Vorderindien, am Nil und im heißen Amerika. — *Crocodilus niloticus* Laur. Afrika.

§ 103. 3. Ordn. Lacertilia [Sauria]. Eidechsen. Beschuppte Kriechtiere mit fest verbundenen Unterkieferhälften, einer Paukenhöhle, querer Kloakenspalte und paarigem Penis.

Der Körper ist sehr langgestreckt. Die Extremitäten sind kurz und schwach, treten in 2 Paaren oder nur als Stummel vorn oder hinten auf, oder fehlen vollständig (Blindschleiche). Schulter- und Beckengürtel sind aber trotzdem vorhanden. Kiefer und Flügelbeine mit akro- oder pleurodonten Zähnen. Außer dem unteren, sehr beweglichen Augenlid ist eine Nickhaut vorhanden. Zunge verschieden gestaltet, kurz, dick oder vorn gespalten, auch lang wurmförmig. Die Eier sind meist weichschalig, die Blindschleichen sind lebendiggebärend. Die Eidechsen leben von Würmern und Insekten; sie bewohnen größtenteils die heiße Zone. — *Lacerta agilis* L Zauneidechse. — *Anguis fragilis* L. Blindschleiche. — *Chamaeleon vulgaris* Daud.

§ 104. 4. Ordn. Ophidia. Schlangen. Körper langgestreckt, mit Schuppen und Schildern bedeckt, ohne Gliedmaßen, Schultergürtel und Brustbein fehlen,

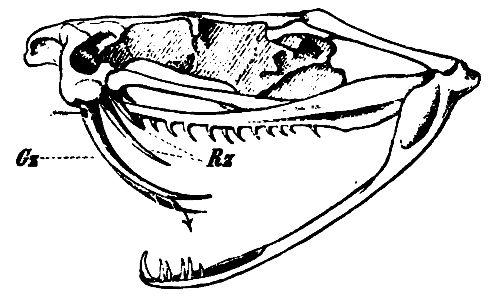



Fig. 302. Kopfskelett der Klapperschlange. Gz Giftzahn, Rz Reservezähne. Der Pfeil deutet die Mündung des Giftkanals an (aus Wiedersheim).

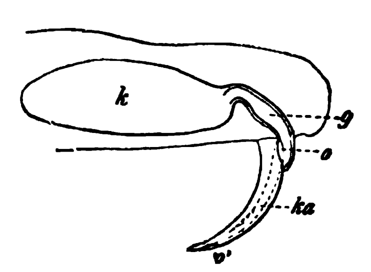



Fig. 303. Giftapparat einer Schlange, schematisch. k Drüse, g deren Ausführungsgang, ka Giftkanal, o obere, o' untere Oeffnung desselben (aus Boas).

Kiefer und Gaumenknochen gegeneinander verschiebbar, ohne Paukenhöhle, ohne Harnblase, mit querer Kloakenspalte und paarigem Penis.

Die Extremitäten fehlen; höchstens sind Skelettreste der hinteren und bei Riesenschlangen äußere krallenförmige Stummeln derselben erhalten. Die Bewegung geschieht deshalb durch „schlängelndes" Kriechen auf dem Bauche, wobei die freien Rippenenden aufgestemmt werden. Der Körper ist oben mit gleichmäßigen kleinen Schuppen bedeckt, Kopf und Bauchseite tragen größere Schilder und Platten. Die lockere Verbindung und weitgehende Verschiebbarkeit der Kiefer- und Gaumenknochen bedingt die große Erweiterungsfähigkeit des Rachens. Spitze, lange, nach hinten gebogene Fangzähne an Unter- und Oberkieferknochen, Gaumen-, Flügelbein und Zwischenkiefer hindern das Entschlüpfen der Beute, während die Mundknochen sich langsam über sie hinschieben. Im Oberkiefer der Giftschlangen sitzen zwei lange Giftzähne, die mit je einer Giftdrüse in Verbindung stehen, das Sekret wird in die Wunde (Fig. 302) entweder durch eine äußere Rinne bei feststehenden Giftzähnen oder durch einen Kanal bei beweglichen Giftzähnen geleitet. Hinter jedem Giftzahn stehen ein oder mehrere Ersatzzähne. Aeußerlich sind die Giftschlangen durch ihren nach hinten verbreiterten Kopf und von diesem deutlich abgesetzten Hals, sowie den kurzen, sich rasch verjüngenden Schwanz gekennzeichnet.

Der Schlund ist sehr lang und dehnbar, der Kehlkopf ganz nach vorn bis an das Kinn gerückt, um während des langwierigen Schlingens die Atmung zu ermöglichen; ebendeshalb ist der hintere Abschnitt der nur rechtsseitig ausgebildeten Lunge zu einem Luftsack ausgebildet. Speicheldrüsen fehlen. Die dünne Zunge (Fig. 304) ist Tastwerkzeug, vorn gegabelt und wird bei geschlossenem Maule durch einen Kinnausschnitt herausgeschoben; dem Gehörorgan fehlen Trommelfell und Paukenhöhle, also die schalleitenden Teile. Die verwachsenen Lider decken das Auge als gewölbte Kapsel. Die weichhäutigen Eier werden in geringer Zahl erzeugt; manche Schlangen (Seeschlangen, Vipern) gebären lebendige Junge. Die Schlangen sind Landtiere, manche besuchen gern das Süßwasser und schwimmen geschickt; daneben gibt es Baumbewohner und ständig im Meere lebende (Seeschlangen). Sie nähren sich nur von lebenden Tieren. — *Vipera berus* L. Kreuzotter. — *Trepidonotus natrix* L. Ringelnatter. In Wäldern; schwimmt gerne und gut.



Fig. 304. Rachen der Kreuzotter (aus Wossidlo).

§ 105. **5. Klasse. Aves. Vögel.** Die Vögel sind gleichwarme, befiederte Amnioten mit einem Gelenkhöcker am Hinterhauptsbeine, zu Flügeln umgebildeten Vordergliedmaßen und vollständig geteiltem Kreislauf; eierlegend.

Trotz vieler gemeinsamer Züge des Baues und der Entwicklungsweise, welche die nahe Verwandtschaft der Kriechtiere und Vögel dartun, weisen die letzteren bei allen Angehörigen der Klasse eine hohe Gleichartigkeit der Organisation auf, was sich aus der weitgehenden Anpassung des Vogelkörpers an den Flug erklärt. Diese spricht sich, abgesehen von der Ausbildung besonderer Flugorgane, namentlich aus in der gedrungenen, im allgemeinen spindelförmigen Körperform, welche die ganze Leibesmasse nahe dem Schwerpunkte vereinigt, dem festen Gefüge des Brustkorbes, dessen starre Wirbelsäule und gewaltiges Brustbein den heftigen Erschütterungen beim Fliegen Widerstand leisten, der Erleichterung des spezifischen Gewichts durch zahlreiche innerliche Luftbehältnisse und einem äußerst leichten Integument, dem Federkleid, welches außerdem einen vorzüglichen Schutz gegen die starke, mit dem raschen Fluge verbundene Wärmeabgabe liefert. Dieser Einheitlichkeit des Bautypus tut es keinen Abbruch, daß die Vögel sich einer nach verschiedenen Richtungen hin entwickelten Lebensweise durch zweckmäßige Umbildung wichtiger Körperteile angepaßt haben, daß sich demnach Vögel, die nach ihrem Aufenthalte und vorwiegender Bewegungsart Raub-, Kletter-, Lauf-, Sumpf-, Schwimmvögel usw. genannt werden, auch im Bau erheblich unterscheiden. Allen gemeinsam ist jedenfalls die Art der Fortpflanzung durch Eiablage und die hochentwickelte Brutpflege.

Die Haut ist dünn, sie trägt das Federkleid und entbehrt aller Hautdrüsen mit Ausnahme der nur selten, z. B. den Hühnern, fehlenden Bürzeldrüse über der Schwanzwurzel, deren ölige Absonderung zum Einfetten des Gefieders dient. Nackt bleibt die Haut an Zehen, Lauf und Schnabel, an fleischigen Hautanhängen, zuweilen am Hals (Geier) und Bauch (Strauße). Die Federn sind epidermoidale Gebilde der Haut, die von einer an Blutgefäßen reichen Papille der Cutis ausgehen. Die stark wuchernde Epidermis dieser Cutiswarze teilt sich und zerfasert oben in Strahlen und stellt somit die Erstlingsfeder des Vogels dar, während sie unten noch als Spule dieser Feder Zusammenhang besitzt. Die lockere Erstlingsdune wird von der nachwachsenden Feder vorgeschoben, sitzt an deren Spitze und wird abgestoßen, während beim späteren Federwechsel die Federn ausfallen

und dann durch neue ersetzt werden (Fig. 305). Die Feder besteht aus mehreren Abschnitten: der Kiel (Scapus) bildet den Achsenteil und zerfällt in die untere

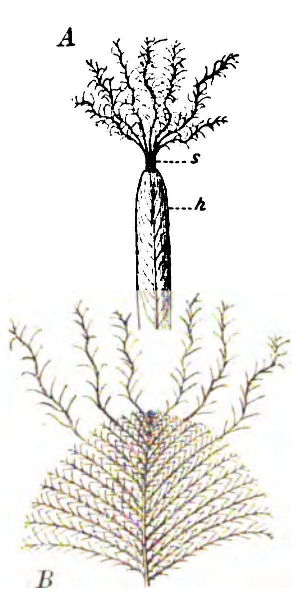



Fig. 305. A Dune eines jungen Vogels, der Spitze der noch von einer Hornhülle (h) umgebenen nachfolgenden Feder aufsitzend. s Spule der Dune. — B Spitze einer Deckfeder mit einigen noch sitzengebliebenen Dunenästen. Schemata (aus Boas).

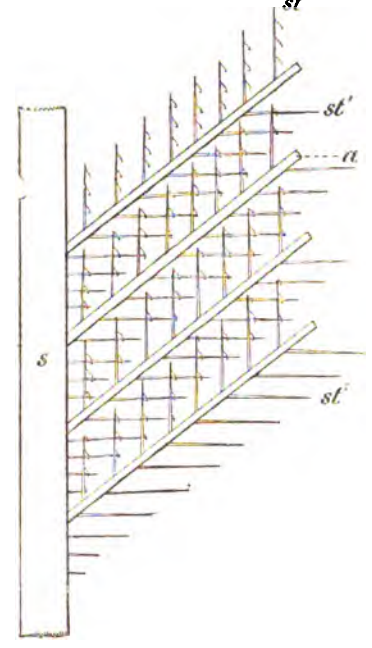



Fig. 306. Bau der Feder, schematisch. s Schaft, a Ast, st Strahlen einer vorderen Reihe mit Häkchen, st' Strahlen der hinteren Reihen; erstere decken über letztere hin und greifen mit den Häkchen um ihren Rand (aus Boas).

hohle Spule, welche bei der jungen wachsenden Feder von Blutgefäßen durchzogen ist, später aber durch Luftschichten getrennte Hornfalten (Seele) umschließt. und in einen oberen markhaltigen Schaft (Rhachis). Dieser trägt die Fahne (Vexillum), welche aus beiderseits dem Schaft ansitzenden Aesten (Rami) gebildet wird; diese tragen Nebenäste, Strahlen (Radii; Fig. 306). Die Strahlen sind entweder einfach oder greifen mit Häkchen in einander, letztere verleihen der Fahne ein festes Gefüge. Die Unterseite des etwas gebogenen Schaftes trägt eine Rinne, in welcher sich bei manchen Vogelgruppen ein zweiter schwächerer, nur bei Casuaren gleichstarker „Afterschaft" entwickeln kann; er fehlt stets den Schwung- und Steuerfedern; als solche bezeichnet man die großen Federn des Flügels und Schwanzes; sie bestimmen mit den Deckfedern die äußeren Umrisse des Vogelkörpers (Kontur-

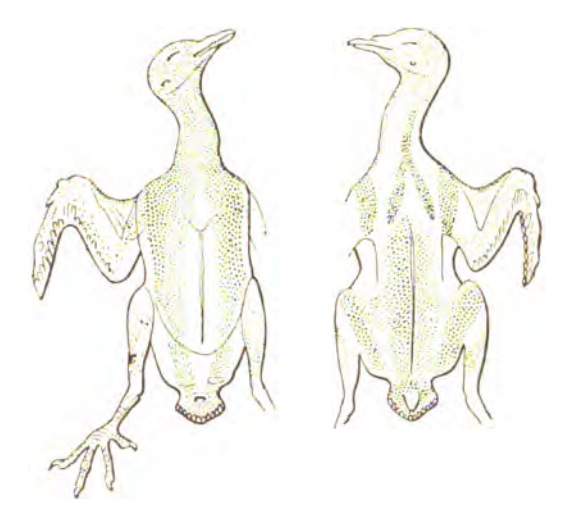


Fig. 307. Federfluren des Bauches und Rückens der Haustaube (aus Leunis).

federn) und besitzen stets Häkchen. Unter ihnen liegen die Dunen (Flaumfedern) mit weichem Schaft und der Häkchen entbehrender, deshalb lockerer Fahne; sie bilden das wärmende Kleid des Vogels. Die Puderdunen mancher Vögel (Reiher) sind wie

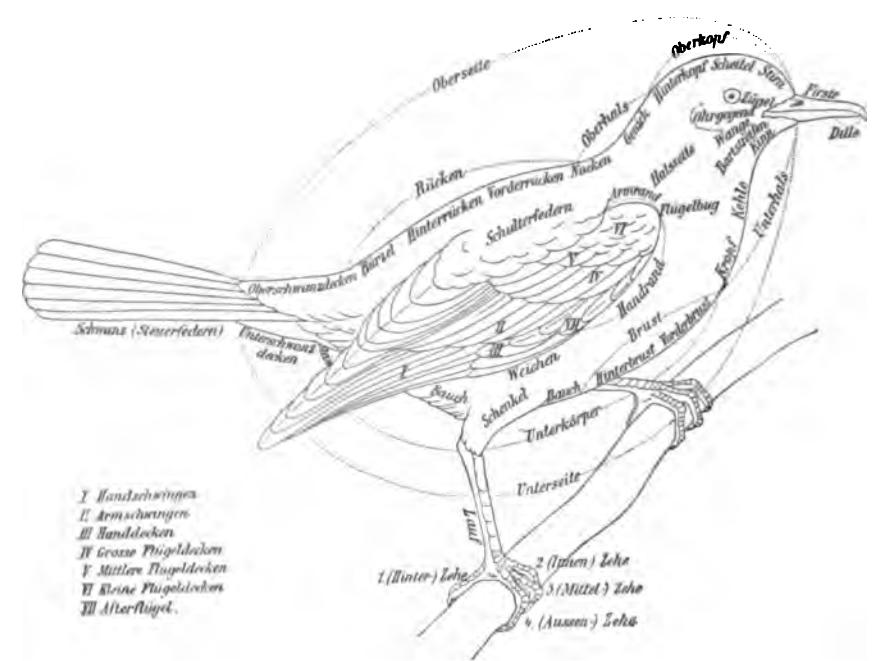



**Fig. 308. Die Regionen des Vogelkörpers (aus Reichenow).**

die Erstlingsfedern gebaut und stoßen ihre freien Enden in Puderform ab. Fadenfedern besitzen einen dünnen oft starren Schaft; ihre Fahne fehlt (Borsten an der Schnabelwurzel). Nur bei den Kasuaren und Pinguinen überzieht das Deckgefieder gleichmäßig den ganzen Körper, während es bei den anderen Vögeln auf gewisse Bezirke, Fluren, beschränkt ist, zwischen ihnen liegen nackte oder nur mit Dunen besetzte Stellen, die Raine (Fig. 307). Die Stellung der Schwungfedern und der sie in mehrfacher Reihe geschichtet überlagernden Deckfedern gestalten den Flügel zu einem für Luft undurchdringbaren Flugwerkzeug, dessen Gliederung den Teilen der Vorderextremität entspricht. Die längsten und steifsten Schwungfedern sitzen als 9 oder 10 Handschwingen (Schwingen 1. Ordn.) (Fig. 308) an den

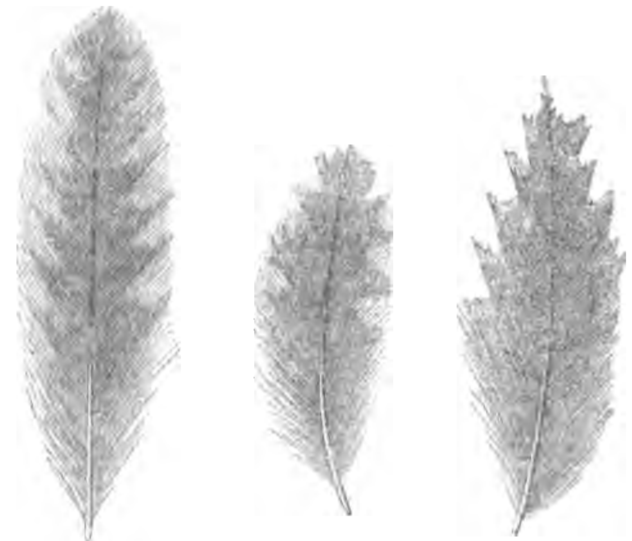


**Fig. 309. Eine neue und zwei vertragene Federn aus dem Gefieder des Regenpfeifers (aus Eckstein).**

Knochen der Mittelhand und jenen der beiden Finger. Die Armschwingen sind kürzer als die Handschwingen, ihre Fahnen breiter, ihre Zahl ist bei den einzelnen Arten verschieden; sie sitzen als Schwingen 2. und 3. Ordn. am Unter- und Oberarm. Die wenigen Schwingen des Daumens bilden den Eck- oder Lenkfittich. Steuerfedern sind die nach Gestalt und Zahl (meist 12) in mannigfachem Wechsel auf-

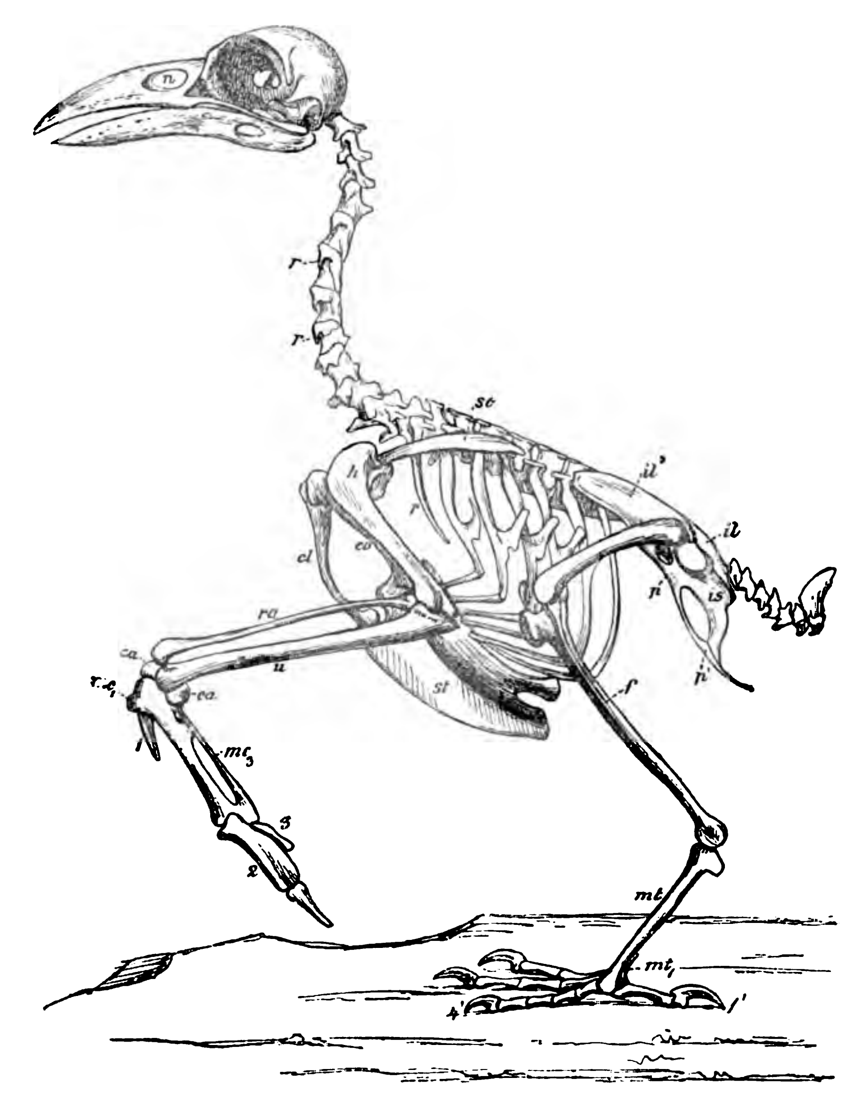
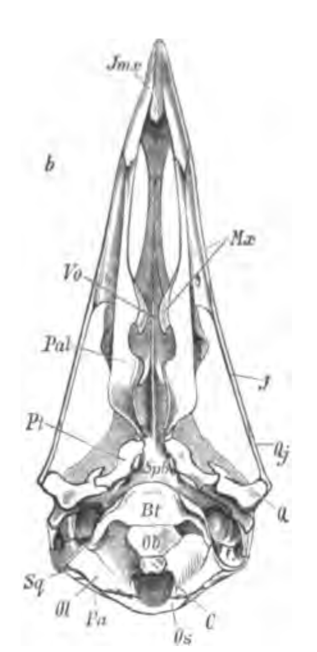



**Fig. 310. Skelett eines Raben. 1, 2, 3 erster bis dritter Finger, 1' und 4' erste und vierte Zehe, ca Handwurzel, cl Schlüsselbein, co Coracoid (größtenteils von h verdeckt), f Wadenbein, h Oberarm, il Darmbein, il' dessen vordere Partie, is Sitzbein, $mc_1$ und $mc_3$ erster und dritter Mittelhandknochen, mt großer Mittelfußknochen (aus den verwachsenen 2.—4. Mittelfußknochen bestehend), $mt_1$ erster Mittelfußknochen, n Nasenloch, p' Schambein, r Halsrippen, ra Speiche, sc Schulterblatt, st Brustbein, u Elle (aus Boas).**

tretenden Federn des Schwanzes. Sie können gelegentlich verkümmern (Lappentaucher). (Ueber die Bezeichnung der übrigen Federgruppen vgl. Fig. 308). Das Deckgefieder kann von zahlreichen Hautmuskeln gesträubt werden. Im Laufe der Zeit nutzen sich die Fahnenstrahlen namentlich die des Deckgefieders erheblich ab (Fig. 309), so daß bisweilen fast nur der widerstandsfähigere Schaft erhalten bleibt;

deshalb erneuert der Vogel sein Gefieder alljährlich 1—2mal durch allmähliches Abwerfen und Neubilden aller Federn, durch Mauser, die mindestens im Herbste stattfindet und sich auch auf die Hornscheide des Schnabels und die Krallen erstrecken kann. Wo stets nacktbleibende Hautstellen vorkommen, sind sie gewöhnlich schwielig verdickt und von lebhafter Färbung, z. B. die Rose der Waldhühner; den Schnabelgrund der Raub- und Hühnervögel überzieht die weiche Wachshaut.

Die Bedeckung der Hintergliedmaßen besteht, soweit sie vom Gefieder freigelassen sind, aus Hornschuppen und -schildern von verschiedener Größe. Der Lauf ist daher gekörnelt, genetzt, geschildert oder, wenn die Schilder zu einer längeren



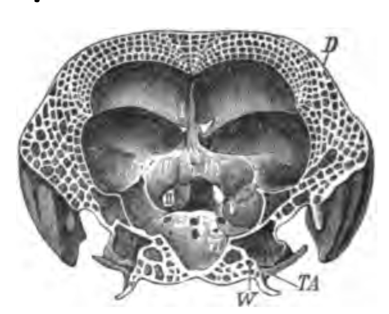




**Fig. 312.** Vordere Wand der Schädelkapsel von Otus otus, von innen gesehen. D Schwammige Knochenwand. TA Kanal der Eustachischen Trompete, W Kanal der Arteria carotis interna (nach Bronn aus Hayek).

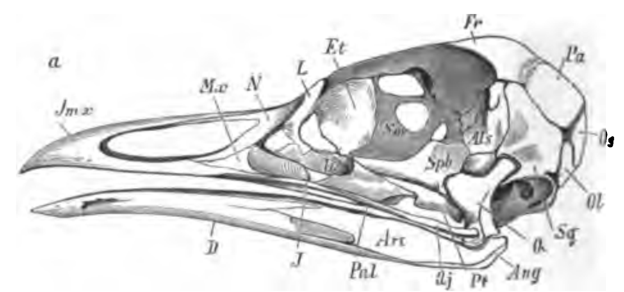



**Fig 311.** Schädel der Trappe, a von der Seite, b von unten. Ob Basioccipitale, C Gelenkhöcker, Ol Occipitale laterale, Os O. superius, Sq Schuppenbein, Bt Parasphenoid, Spb Basisphenoid, Als Alisphenoid, Sm Interorbitalseptum, Eth Siebbein, Pa Scheitelbein, Fr Stirnbein, Mx Oberkieferbein, Imx Zwischenkieferbein, N Nasenbein, J Jochbein, Qj Quadratojugale, Q Quadratum, Pt Flügelbein, Pal Gaumenbein, Vo Pflugscharbein, D Dentale, Art Articulare, Ang Angulare (aus Claus-Grobben).

Scheide verschmolzen sind, gestiefelt. Spitzige, mehr oder minder gekrümmte oder auch stumpfe schaufelartige Krallen sitzen an den Zehenenden; manche Hühnervögel (Fasan, Fig. 316 i) tragen über der Hinterzehe einen Sporn als Waffe. Die kammartig an den Seiten der Zehen der Waldhühner sitzenden Hornplättchen (fälschlich „Balzstifte") sind umgewandelte Federn und werden wie diese gemausert (Fig. 320).

Das Skelett (Fig. 310) zeichnet sich durch Pneumatizität aus, d. h. den teilweisen Ersatz der inneren Knochenmasse durch lufthaltige Räume (Fig. 312), der, außer bei flugunfähigen Straußen, alle Knochen mit Ausnahme des Jochbeins und Schulterblattes betreffen kann. Der Schädel (Fig. 311) ist eine dünnwandige, aber infolge Verschmelzens der Schädelknochen feste Kapsel. Ueber den großen nur durch eine dünne oft durchbrochene Knochenwand von einander getrennten Augenhöhlen springt das Tränenbein erheblich vor. Nasenbein, Zwischen- und Oberkiefer sind zur Bildung des Oberschnabels verwachsen. Vom Oberschnabel

zieht sich das Jochbein als dünner, grätenähnlicher Knochen nach hinten. Für die gelenkige Verbindung von Schädelteil und Unterkiefer ist, wie bei den Reptilien, das Quadratbein wirksam, das außerdem zum Jochbein und zum Flügelbein einen Gelenkfortsatz entsendet. Dies hat zur Folge, daß sich beim Senken des Unterschnabels ein von diesem auf das Quadratum ausgeübter Druck auf Flügelbein und Jochbogen überträgt und dadurch den Oberschnabel etwas hebt, wobei die dünne, elastische Basis des letzteren die Gelenkstelle abgibt (Fig. 313). Durch einen mittleren unpaaren Condylus des Hinterhauptes hängt der Schädel mit der Wirbelsäule zusammen, deren Halswirbel durch Sattelgelenke gegeneinander äußerst beweglich sind, während die Rumpfwirbel — ausgenommen bei den Pinguinen — starr verbunden bleiben. Aus zahlreichen (16—20) verschmolzenen Wirbeln besteht die Kreuzbeinregion, während der letzte der wenigen (7) und beweglichen Schwanzwirbel eine pflugscharähnliche Platte, das Pygostyl, darstellt, an dem sich

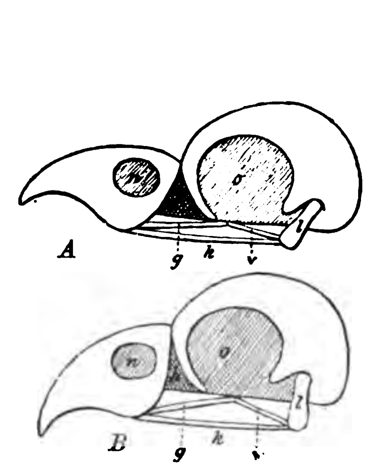



Fig. 313. Schematische Figuren zur Illustration der Bewegung des Oberschnabels bei den Vögeln. n Nasenscheidewand, h hintere, häutige Partie derselben, o Augenhöhlenplatte, l Quadratbein, k Jochbogen, v Flügelbein, g Gaumenbein, In A ist der Schnabel emporgehoben, in B gesenkt (aus Boas).

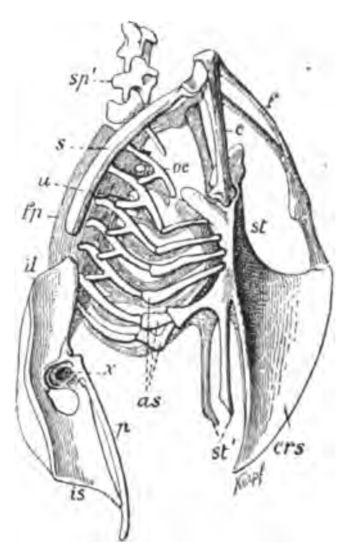



Fig. 314. Brustkorb, Schultergürtel und Becken des Storches. st Brustbein, st' dessen Bauchfortsätze, crs dessen Kamm, f Gabelbein, c Coracoid, s Schulterblatt, as sternale, oc vertebrale Teile der Rippen, n Processus uncinati, sp' Dornfortsatz des ersten Brustwirbels, fp verschmolzene Dornfortsätze der übrigen Brustwirbel, il Darmbein, is Sitzbein, p Schambein, x Hüftgelenk (nach Gegenbaur aus R. Hertwig).

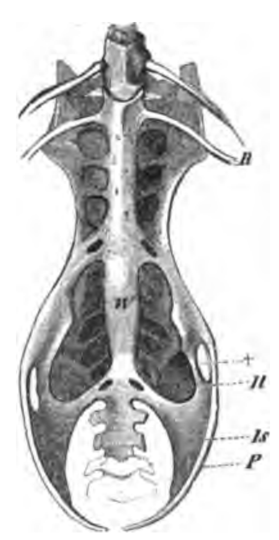



Fig. 315. Becken des Uhu von unten. Il Darmbein, Isch Sitzbein, P Schambein, † Lücke zwischen Darm- und Sitzbein, R letztes Rippenpaar (aus Wiedersheim).

die Bewegungsmuskeln des Steuers ansetzen. Die Rippen sind mit dem Brustbein durch besondere im Winkel abgesetzte Knochen gelenkig verbunden, wodurch eine weitgehende Erweiterung des Brustkorbes ermöglicht ist (Fig. 314). Vom Hinterrande jeder Rippe entspringt ein Fortsatz (Processus uncinatus), der sich auf die folgende Rippe legt und so das Thoraxgefüge stärkt. Das Brustbein ist sehr breit und flach, und durch einen hohen Mittelkamm ausgezeichnet. Beiden legen sich die kräftigen Flugmuskeln an. (Carinatae.) Mit dem Verluste des Flugvermögens (Strauße) schwindet auch der Kamm (Ratitae). Sehr fest mit dem Brustkorbe ist der Schultergürtel verbunden. Das Schulterblatt legt sich als langer säbelförmiger Knochen über die Rückenseite des Brustkorbes; die kräftigen Rabenschnabelbeine sind mit den oberen Ecken des Brustbeins verbunden, und die Schlüsselbeine ver-

schmelzen zu einem einheitlichen Knochen, dem Gabelbein (Furcula), das sich durch feste Sehnen mit der vorderen Spitze des Brustbeinkammes verbindet. Der Ober-

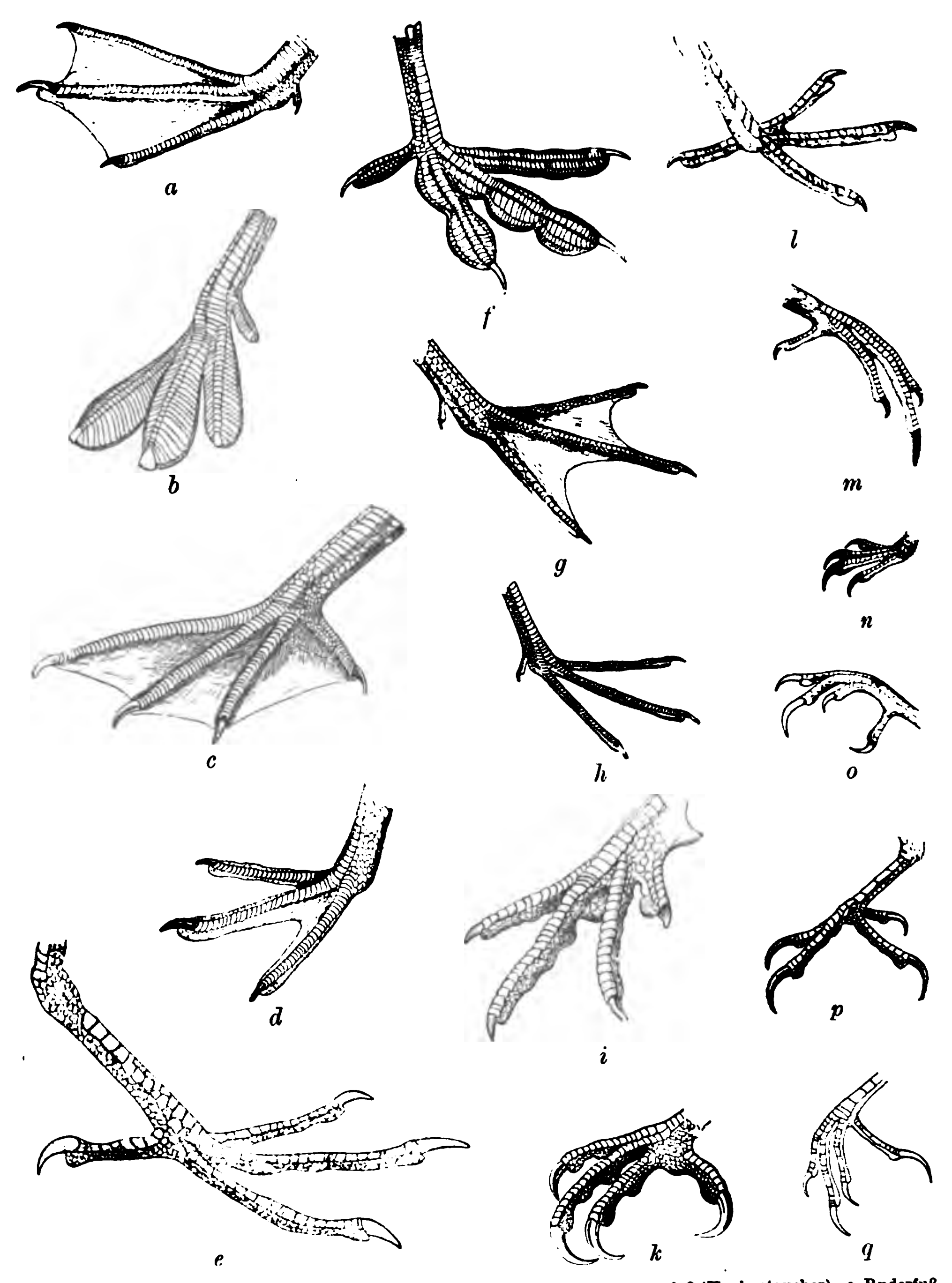



Fig. 316. Fußformen der Vögel. a Schwimmfuß (Silbermöve), b Spaltschwimmfuß (Haubentaucher), c Ruderfuß (Kormoran); d Lauffuß (Austernfischer), e Schreitfuß (Rohrdommel), f Schreitfuß mit gelappten Zehen (Wasserhuhn), g Watfuß mit zurückgebildeten Schwimmhäuten, h Watfuß mit ungehefteten Zehen (Strandläufer), i Scharrfuß (Fasan), k Raubfuß (Falk), l Spaltfuß (Taube), m Haftfuß (Nachtschwalbe), n Kammerfuß (Mauersegler), o Sitzfuß (Eisvogel), p Kletterfuß (Schwarzspecht) q Hüpffuß (Drossel) (a—d, f—g, m—q aus Reichenow, i—k aus Schmarda, e, l nach Reichenbach).

arm ist bei den besten Fliegern (Segler, Kolibris) am kürzesten; die schmale, langgestreckte Hand wird gebildet von drei verschmolzenen Mittelhandknochen und nur drei Fingern. Die drei Armabschnitte werden in der Ruhe an den Seiten des Rumpfes so getragen, daß der Oberarm und die Handknochen nach hinten, der Unterarm nach vorn gerichtet ist. Die drei Knochen des Beckens (Fig. 315) sind fest miteinander verwachsen und ebenso mit dem Kreuzbein. Die Schambeine bleiben weit auseinander; eine Symphyse derselben besteht nur bei den Straußen.

Der Oberschenkel ist kurz, unter der Rumpfhaut verborgen, mit seinem unteren Ende schief nach hinten gerichtet. Die Tibia stellt den Hauptknochen des Unterschenkels dar, die Fibula ist dünn und schwach; die Fußwurzelknochen verschmelzen zum Teil mit dem unteren Ende der Tibia, zum Teil bilden sie mit dem zu einem Knochenstab verwachsenen Mittelhandknochen den Lauf (Tarsometatarsus), dessen Gelenkverbindung (Ferse) mit dem Unterschenkel sehr beweglich ist. Die normale Vierzahl der Zehen kann bei Lauf-, Strand- und Wasservögeln auf drei, beim afrikanischen Strauß sogar auf zwei sinken. Die Befiederung sowie Stellung und Größenverhältnis der Beine und die Verbindung der Zehen untereinander ist sehr verschieden. Gangbeine sind bis zur Ferse befiedert (Singvögel, Hühner, viele Raubvögel), Watbeine sind über der Ferse nackt (Lauf-, Sumpf-, Wasservögel); Stelzbeine gleichen den Watbeinen, nur ist der Lauf länger als der Rumpf.

Die erste Zehe ist in der Regel nach hinten, die drei anderen sind nach vorn gerichtet, abweichend hiervon können auch die zweite (Innen)-Zehe oder die vierte (Außen)-Zehe (Eulen) als Wendezehen nach hinten geschlagen werden oder die Außenzehe tritt dauernd nach hinten neben die hintere (Spechte), während beim Mauersegler auch die erste nach vorn gerichtet ist. Ferner sind die Zehen vielfach (Stelz- und Schwimmvögel) untereinander durch Schwimmhäute verbunden, die sich als derbe, ledrige Haut zwischen ihnen vom Grunde bis an die Krallen erstreckt oder durch eine Spannhaut nur die proximalen Glieder verbindet: geheftete Füße (Haftfüße); halb geheftete Füße haben eine Spannhaut nur zwischen Mittel- und Außenzehe. Hiernach werden folgende Fußformen (Fig. 318) unterschieden und mit Hinsicht auf die Art ihrer Benutzung benannt: 1. Schwimmfuß der zum Spaltschwimmfuß wird, wenn die Haut bis auf den Grund gespalten ist (Steißfüße), oder als Ruderfuß (Kormoran) alle Zehen verbunden hat. 2. Watfuß. Hierbei können die Zehen verkürzt sein, um den so entstehenden „Lauffuß" möglichst wenig den Boden berühren zu lassen (Trappen, Regenpfeifer, Kraniche) oder zur Oberflächenvergrößerung des „Schreitfußes" vergrößert sein (Reiher, Rohrhühner); hierbei ist ganze oder halbe Heftung ausgebildet oder sie fehlt ganz; oder endlich sind die Zehen durch zurückgebildete Schwimmhäute verbunden (Säbelschnäbler). 3. Fangfuß (Fig. 383i—k), der als „Scharrfuß" der Hühnervögel rauhe Sohlen und schaufelähnliche Krallen, als „Raubfuß" der Raubvögel große Ballen und spitze gekrümmte Krallen zeigt. 4. Spaltfuß mit vollständig getrennten Zehen. 5. Baumfuß, unterschieden als: „Haftfuß", wenn die schwachen, nur zum Sitzen brauchbaren Zehen am Grunde kurz geheftet sind (Nachtschwalbe); „Klammerfuß", wo die Zehen vollständig getrennt und mit langen spitzen Krallen bewehrt sind (Mauersegler); „Sitzfuß", klein und schwach, die Zehen bald zu dreien, bald zu zweien nach vorn gekehrt (Eisvogel); „Kletterfuß", die Außenzehe nach hinten gewachsen, Nägel sehr krumm und spitz (Spechte); 6. Hüpffuß, 1. Glied der Mittel- und Außenzehe verheftet, die Kralle der Hinterzehe am größten (Singvögel).

Die Verdauungswerkzeuge (Fig. 21) beginnen mit dem Schnabel, dessen Hornscheiden mit scharf schneidenden Rändern Zähne ersetzen. Seine Länge (bei den Kolibris und Brachvögeln fast körperlang, bei der Nachtschwalbe kaum sichtbar) ist ebenso wie seine Form und Gestalt außerordentlich verschieden und steht in enger Wechselbeziehung zur Nahrung und der Art ihrer Aufnahme (Fig. 317). Die Zunge wird von dem stark entwickelten und bei manchen Arten (Specht) besonders ausgebildeten Zungenbein (Fig. 329) gestützt. Mit der muskulösen Speiseröhre ist bei vielen Vögeln (Raubvögel, Auerhahn) ein Kropf verbunden zum vorläufigen Aufbewahren und Erweichen der Kost; jener der Tauben besitzt zwei

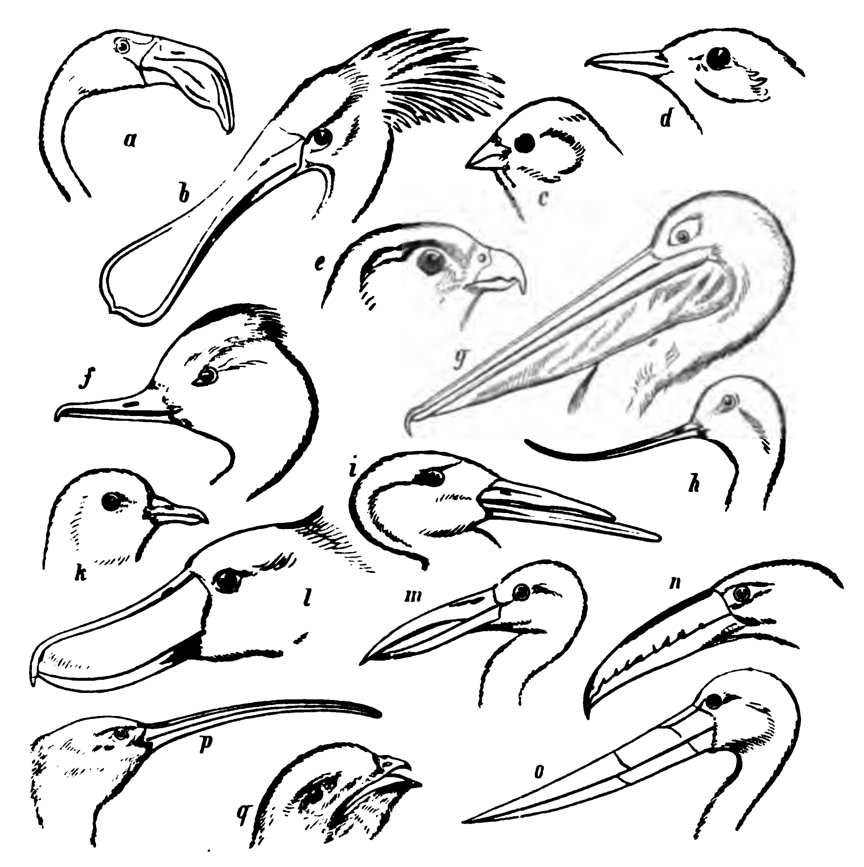



Fig. 317. Schnabelformen der Vögel. a Phoenicopterus antiquorum, b Platalea leucorodia, c Emberiza citrinella, d Turdus cyaneus, e Falco candicans, f Mergus merganser, g Pelecanus perspicillatus, h Recurvirostra avocetta, i Rhynchops nigra, k Columba livia, l Balaeniceps rex, m Anastomus coromandelianus, n Pteroglossus discolor, o Mycteria senegalensis, p Falcinellus igneus, q Cypselus apus (aus Claus).

drüsige Nebensäcke, die eine Art Futterkäse zur Aetzung der Jungen liefern. Das untere Ende des Oesophagus erweitert sich häufig zu einem reich mit Drüsen ausgestatteten Abschnitt (Drüsenmagen). Daran schließt sich der eigentliche Muskelmagen; die Stärke seiner muskulösen Wand entspricht der zu verarbeitenden Nahrung; fleischverzehrende Raubvögel besitzen schlaffe Magenwandungen, bei Körner- und Konchylienfressern sind die Wände derb und muskulös, dazu noch mit zwei hornigen Platten ausgerüstet, welche mit Hilfe aufgenommener Steinchen harte Nahrung zermalmen. Die Bauchspeicheldrüse ist lang gezogen, ansehnliche doppelte Blinddärme entspringen am Anfange des Dickdarmes; der Enddarm mündet

in eine Kloake, mit welcher ein drüsiger Beutel von noch unbekannter Bedeutung, die Bursa fabricii, in Verbindung steht (Fig. 21).

Am Grund der Mundhöhle beginnt die Luftröhre mit einer Ritze dicht vor dem oberen Kehlkopf (Larynx), der nicht Stimmorgan ist. Sie wird aus häutig verbundenen Knorpelringen gebildet und kann die Länge des Halses mehrfach übertreffen; in diesem Falle liegt sie unter der Haut oder in Höhlungen des Brustbeinkammes (Fig. 318) aufgewunden. Am Uebergange der Trachea in die Bronchien sind beide zu einem unteren Kehlkopf (Syrinx) erweitert, der mit Stimmlippen und besonderen Muskeln ausgestattet eigentlicher Sitz der vielfältig modulierbaren Vogelstimme ist; bei den männlichen Entvögeln unsymmetrisch vergrößert, bringt er als Resonanzboden deren kräftige Ruflaute hervor. Er fehlt selten, wie den Straußen und Störchen. Die Lungen sind in die Zwischenräume der Rippen dorsal eingesenkt und darin festgewachsen. Ihre Bronchien verlängern sich in große häutige Luftsäcke, die in fünf Paaren in der Brust- und Bauchhöhle zwischen den Eingeweiden liegen und Fortsätze in die pneumatischen Knochen und unter die Körperhaut entsenden. Sie füllen und entleeren sich bei jeder Atembewegung des Brustkorbes, wobei die ein- und ausstreichende Luft jedesmal die Lunge passiert; ihre Bedeutung liegt weniger darin, den Körper beim Fliegen zu erleichtern, als vielmehr dem Vogel das bei seiner reißend schnellen Bewegung erschwerte Atmen zu gestatten. Während des Fluges ist der Thorax unbeweglich auf die Einatmung eingestellt, also erweitert. Bei der rasenden Geschwindigkeit des Fluges wird Luft in die Nase eingepreßt und gelangt in Lunge und Luftsäcke. Ausgeatmet wird sie durch die Zusammenpressung der vorderen Luftsäcke bei der rhythmischen Flugbewegung vielleicht auch durch zeitweise Kontraktion der Bauchmuskeln.

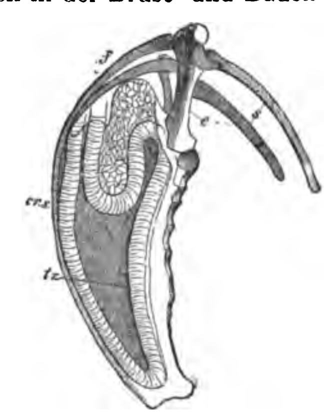


Fig. 318. Windungen der Luftröhre beim Singschwan. s Schulterblatt, e Coracoid, f Gabelbein, cr.s Brustbeinkiel, tr Luftröhre (nach Gegenbaur aus Pagenstecher).

Da durchgehende Scheidewände Vorhof und Herzkammer halbieren, ist das Herz vollkommen in zwei Kammern und zwei Vorkammern geteilt. Die Aorta geht vom linken Ventrikel aus, so daß sie rein arterielles Blut führt; ein Herzkegel ist, wie bei den Reptilien, nicht mehr ausgebildet. Wie die Lungen in die Zwischenräume der Rippen, so sind die großen, langgestreckten lappigen Nieren in die Lücken des Kreuzbeins eingesenkt; ihre Harnleiter verlaufen über dem Mastdarm direkt in die Kloake; der Urin wird als breiig kalkig weiße Masse gleichzeitig mit dem Kote entleert. Je nach der aufgenommenen Nahrung ist dieser dünnflüssig (Reiher) oder fest und dann von bestimmter charakteristischer Form (Auerwild, Fasan, Specht).

Das Gehirn übertrifft das der Kriechtiere bei weitem an Größe, die Hemisphären überdecken das Mittelhirn zum größeren Teile (Fig. 271). Die drei halbzirkelförmigen Kanäle sind wohl entwickelt. Die geräumige Paukenhöhle des Gehörorgans entsendet einen Gang, der sich mit jenem der anderen Seite zur Eustachischen Röhre vereinigt, welche in die Rachenhöhle hinter den Choonen mündet. An der Scheidewand zwischen Paukenhöhle und Labyrinth liegt eine von Haut ausgefüllte Oeffnung, das ovale Fenster; dieses wird von der Endplatte eines langgestreckten Gehörknöchelchens, der Columella, bedeckt, das mit seinem andern Ende das Trommelfell berührt. Von letzterem führt ein kurzer Gehörgang nach außen, dessen Oeffnung von lockeren Federn umstellt, bei den

Eulen von einer Art häutiger Ohrmuschel überdeckt wird. Tastorgane sind namentlich auf der Zunge, bei Schnepfenvögeln und Enten auch an der weichhäutigen Schnabelspitze durch Anhäufungen von Kolbenkörperchen ausgebildet; Geruch- und Geschmacksorgane weisen nur geringe Leistungen auf, da sie durch die hochentwickelten Augen in den Hintergrund gedrängt werden. Die Form des Auges ist die eines abgestumpften Kegels, dessen Grundflächen von Kugelabschnitten überwölbt werden (Fig. 319). Wie bei vielen Reptilien stützt hinter der Hornhaut ein Ring aus Knochenplättchen (Scleralring) die Augenhaut. Die Hornhaut ist stark gewölbt, die Linse flach. Eigentümlich ist der Fächer (Kamm), ein in der Nähe des blinden Fleckes sich aus der Aderhaut erhebender und in den Glaskörper ragender, gefalteter Fortsatz von noch ungeklärter Bestimmung. Geschützt wird das Auge wesentlich durch das große untere Lid und die sehr bewegliche durchsichtige Nickhaut. Das Sehvermögen und die Akkommodationsfähigkeit sind groß.

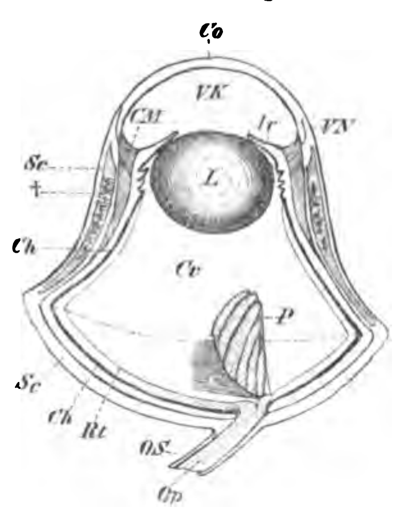


Fig. 319. Auge eines Nachtraubvogels. Ch Aderhaut, Cm Ciliarmuskel, Co Hornhaut, Cv Glaskörper, Ir Iris, L Linse, Op Sehnerv mit Scheide Os, P Kamm, R Netzhaut, Sc Sclera mit Knocheneinlage bei †, Vk vordere Kammer, Vn Verbindungsnaht zwischen Sclera und Cornea. Die punktierte Linie zerfällt den Augapfel in einen vorderen und hinteren Abschnitt (aus Wiedersheim).

Die Geschlechtsorgane, bestehen beim ♂ (Fig. 320) aus zwei vor den Nieren gelegenen ovalen zur Paarungszeit mächtig vergrößerten Hoden; meistens ist der linke größer. Die Samenleiter erweitern sich gegen das Ende hin häufig in Samenblasen und münden an der Hinterwand der Kloake; bei Reiher und Storch ist in einem warzenförmigen Vorsprung der Kloakenwand die Anlage zu einem Penis gelegt, die sich bei Entenvögeln, Straußen und einigen anderen zu einem aus stülpbaren Penis mit äußerlicher Samenrinne entwickelt. Die rechte Hälfte der weiblichen Geschlechtsorgane (Fig. 321) ist gänzlich verkümmert. Links sind zur Brutzeit ein großer traubiger Eierstock und gewundene Eileiter stark entwickelt. Das Ovarium liefert die Eizelle, den Eidotter, er wird von der Trompete aufgenommen und gelangt in den Eileiter; im oberen Abschnitt des letzteren wird der Eizelle Eiweiß, weiterhin die Schalenhaut, welche am stumpfen Eipol die Luftkammer bildet, und im untersten erweiterten Abschnitte (Uterus) die Kalkschale beigegeben; der Uterus mündet in die Kloake.

Die Geschlechter unterscheiden sich in ihrer äußeren Erscheinung entweder nicht voneinander (Gans), oder es sind Verschiedenheiten in Größe, Färbung und besondere Federbildungen, Hautlappen vorhanden; manche Männchen legen zur Paarungszeit Hochzeitskleider an. Die Vögel sind meist monogam, seltener polygam (die meisten Hühner), alle legen Eier, die verhältnismäßig sehr groß sind, daher auch nur in geringer Zahl und in mehrtägigen Pausen erzeugt werden. Sturmvögel und Geier legen nur ein Ei, Tauben, Kraniche, Nachtschwalben u. a. zwei, die meisten Vögel 3—6, nur Hühner, Enten, Meisen 6—20 Eier in einem Gelege ab; Einige Arten legen nach Verlust eines Geleges ein zweites in derselben Brutperiode, andere (Hühner, Enten) lassen sich durch den Raub der Eier wenig stören, wieder andere verlassen das Nest bei der geringsten Störung. Die Gestalt der Eier ist verschieden, beinahe kugelig (Eulen) und „eiförmig“ (Hühner), birn- und kreiselförmig

(Kiebitz, Alk). Weiße Eier legen fast alle Höhlenbrüter wie Eulen, Spechte, Eisvogel, ferner Tauben, Weihen, Gänse, gefärbte und bunte die Freibrüter, wobei punktierte, gefleckte, geschnörkelte Zeichnungen auftreten. Die im Gastrulazustande gelegten Eier entwickeln sich unter Bildung von Amnion und Allantois; sie bedürfen andauernder Erwärmung durch den alten Vogel, der sie deshalb 12—56 Tage bebrütet. Nur die Großfußhühner (*Megapodiidae*) lassen ihr Ei durch die Gärungswärme modernder Pflanzenmassen ausbrüten. Zur Brutzeit bilden sich am Bauche des ♀ eine kahle Stelle (Brutfleck) aus. Die hochentwickelte Brutpflege wird meistens in einem Neste vollzogen, das sich aus einer bloßen Vertiefung im Boden bis zum kunstvoll geflochtenen Gewölbe der Schwanzmeise und der Webervögel entwickelt hat; oder es wird eine vorhandene oder eigens hergerichtete Höhlung benutzt, wie auch in einigen Fällen der erhärtende Speichel teilweise oder ausschließlich (Salangane) Verwendung findet.

Das reife Junge sprengt die Eischale am stumpfen Eipol mit Hilfe eines auf dem Oberschnabel sitzenden, hinfälligen Kalkhöckers, des E i z a h n e s. Entweder sind die ausschlüpfenden Jungen am ganzen Leibe mit Dunen bekleidet, haben offene Augen, sind bewegungsfähig und im stande, unter Anleitung der Eltern selbständig Nahrung aufzusuchen: N e s t f l ü c h t e r (Hühner, viele Schwimmvögel), oder sie kommen mit unvollständigem Erstlingsgefieder, blind und zur freien Bewegung und Ernährung unfähig zur Welt, so daß sie noch längere Zeit von den Eltern im Nest gefüttert und beschützt werden müssen: N e s t h o c k e r (Singvögel, Tauben, Raubvögel). Die Brutpflege besorgt meistenteils das ♀, bei den monogamen Arten vom ♂ unterstützt, selten (Strauß, Wassertreter) das letztere. Viele Kuckucke sind Brutparasiten, d. h. sie überlassen Ei und Junges anderen Vogelarten zur Aufzucht.

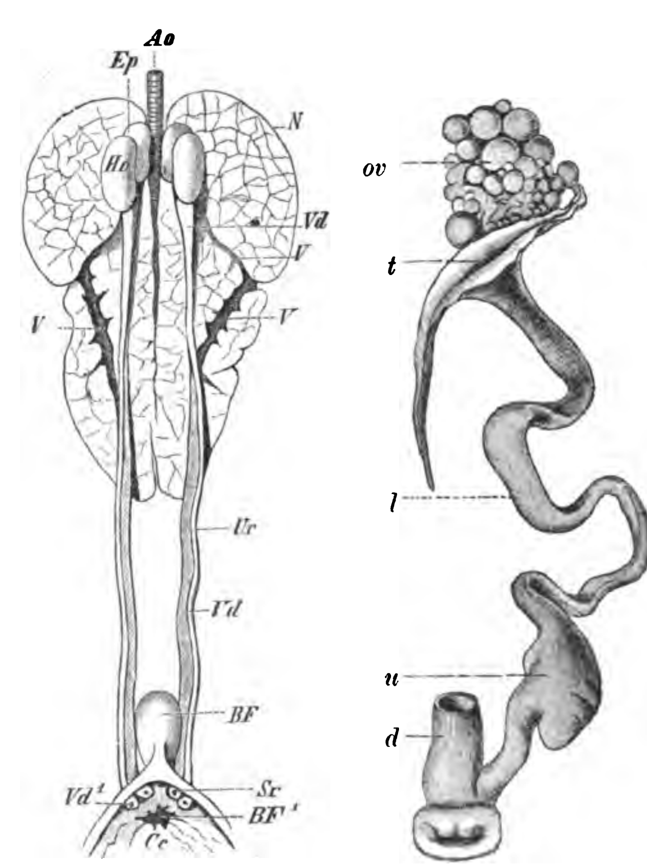



Fig. 320. Männlicher Urogenitalapparat von Ardea cinerea. Ao Aorta, BF Bursa Fabricii, BF¹ deren Mündung in die Kloake, Ep Nebenhoden, Ho Hoden, N Niere, Ur Harnleiter, der bei Sr in die Kloake mündet; letztere ist aufgeschnitten. Vd Samenleiter, der bei Vd¹ auf einer Papille in die Kloake mündet. V, V durch Venen erzeugte Furchen auf der Nierenfläche (aus Wiedersheim).

Fig. 321. Weibliche Geschlechtsorgane des Haushuhns. d End, darm, l Eileiter. ov Eierstock. t Trompete, u Uterus (aus Boas).

Die Vögel bewohnen Land, Meer und Süßwasser, viele Angehörige kälterer Breiten bewohnen ihre Heimat nur zur Brutzeit, um den Winter in wärmeren, an Nahrung reicheren Gegenden zu verbringen: Zugvögel. Die Straßen, Geschwindigkeit und Zeiten des Zuges sind durch Beringungsversuche neuerdings sehr gefördert worden. Die Höhe des Vogelzuges wird vielfach überschätzt. Zu den Vögeln zählen Pflanzen-, Tier- und Allesfresser. Flugunfähigkeit findet sich bei Laufvögeln und Pinguinen. Die Flugbilder sind für die meisten Arten sehr charakteristisch (Fig. 322).



Fig. 322. Flugbild des Sperbers (aus Böhmerle).

A. Saururae. Vögel mit langem von paarweise angeordneten Federn besetztem Schwanz, Zähnen in den Kiefern, drei bekrallten Fingern der Hand, amphicoelen Wirbeln. — *Archaeopteryx lithographica* v. Mey. Jura.

B. Onithurae. Schwanz kurz, Steuerfedern fächerförmig angeordnet.

§ 106. I. Unterklasse. Struthiomorphae. Straußartige Vögel. Flugunfähige Laufvögel ohne Pygostyl, Knochen schwer, markhaltig, Schlüsselbein fehlt oder verkümmert, die drei Finger der Hand miteinander verwachsen, mit breitem, weit nach hinten ausgedehnten Pflugscharbein, Nestflüchter.

1. Ordn. Cursores. Laufvögel. Körpergröße bedeutend, ohne Brustbeinkamm. Gefieder nicht in Fluren und Rainen angeordnet. Dunen fehlen. Konturfedern weich, biegsam, mit zerschlissener Fahne oder borstenförmig.

Fam. *Struthionidae.* Becken geschlossen, Beine lang, nackt, zweizehig. — *Struthio camelus.* L. Zweizehiger Strauß. Gesellig, Polygam, Pflanzenfresser. Wüsten Afrikas. Federn wertvoll; daher werden Strauße künstlich erbrütet in Farmen gehalten.

2. Ordn. Tinamiformes. Mit Brustbeinkamm, kurzen gerundeten Flügeln, kurzem Schwanz. Nestflüchter.

Fam. *Tinamidae.* Steißhühner. Schnabel sanft gebogen. Hinterzehe klein oder verkümmert. Schlechte Flieger, laufen schnell. Eier lebhaft gefärbt, glänzend. — *Tinamus tao Temm.* — *Crypturus cinereus* Gm. — *Rhynchotus rufescens Temm.* Südamerika. Einbürgerung als Jagdgeflügel in Deutschland versucht.

§ 107. 2. Unterklasse. Impennes. Pinguine. Flugunfähige Schwimmvögel mit Pygostyl, beweglichen Rumpfwirbeln, nur unvollkommen verwachsenen Tarsometatarsalknochen und mit Brustbeinkiel; Gefieder nicht in Fluren und Raine geteilt; Knochen der Vorderextremität abgeplattet, gegeneinander unbeweglich, der Flügel daher zu einer Flosse geworden, die mit kurzen schuppenähnlichen Federn bedeckt ist (Fig. 324). Schwimmfüße kurz, weit nach hinten gerückt. Haltung aufrecht; vier Zehen nach vorn gerichtet. Schwimmtaucher, rudern unter Wasser mit den Flügeln. Bebrüten in aufrechter Stellung 1 Ei. — *Aptenodytes patagonica* Forst. Riesenpinguin Antarctis.

3. Unterklasse. Carinatae. Flugvögel. Meist fliegende Vögel mit Pygostyl und Brustbeinkamm, starrer Rumpfwirbelsäule und vollkommen verwachsenem

Tarsometatarsalknochen; Gefieder in Fluren und Raine gesondert; Flügel mit beweglichen Abschnitten.

§ 108. 1. Ordn. Urinatores. Taucher. Beine weit nach hinten gerückt, Körper beim Sitzen oder Gehen nicht aufrecht getragen, Flügel und Schwanz meist kurz; Schnabel stets gerade, spitz, ohne Haken.

Fam. *Colymbidae*. Steißfüße. Schwimmhäute tiefgespalten, die Außenzehe am längsten, Hinterzehe sehr kurz, mit Hautsaum (Fig. 316 b); Lauf seitlich zusammengedrückt, vorn und hinten scharfkantig; Schnabel höher als breit; Flügel kurz, Steuerfedern verkümmert. Vorzüglich tauchende, aber ungern fliegende, auf dem Boden sich mühsam auf dem Bauche fortschiebende Süßwasserbewohner. Nester aus Schilf erbaut, auf dem Wasser schwimmend. Eier gestreckt, weiß, im feuchten Nest gelb anlaufend, werden zugedeckt. Nestflüchter. — *Colymbus cristatus* L. Haubensteißfuß, Haubentaucher. Häufig auf Seen. Parasit: *Ligula simplicissima* L. (Bandwurm), Zwischenwirt: Weißfische.

Fam. *Alcidae*. Alken. Schwimmfüße. Schwanz kurzstufig. Flügel kurz sichelförmig. Rudern unter Wasser mit den Flügeln. Gemeinsame Brutplätze an der Meeresküste. Vogelberge. — *Uria troile* K. Lumme, Helgoland.

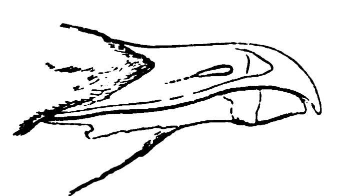


Fig. 323. Schnabel einer Möve (aus Leunis).



Fig. 324. Aptenodytes patagonica (aus Brehm).

§ 109. 2. Ordn. Longipennes. Seeflieger. Flügel lang und spitz, Steuerfedern mittellang; Schwimmfüße; Hinterzehe kurz, bisweilen verkümmert; Schnabel von Kopflänge, meist grade, an der Spitze mit einem Haken; Nasenlöcher an den Schnabelseiten schlitzförmig ohne Scheidewand. Ausdauernde Flieger und gute Schwimmer, die meistens über und auf dem Wasser leben.

Fam. *Laridae*. Möven (Fig. 323). Tauben- und schwalbenähnliche Seeflieger von weißer oder grauer Farbe, deren Mehrzahl die Seeküste bewohnt, sich von Fischen und Weichtieren, im Binnenlande auch von Würmern und Insekten nährt, nehmen jedoch auch Eier, Dunenjunge, Aas. Sehr gesellig, namentlich zur Brutzeit; Nester frei auf dem Boden mit 3—4 braungefleckten Eiern. — *Larus ridibundus* L. Lachmöve. Nisten in Kolonien am Süßwasser, meist nahe der Meeresküste, doch auch im Binnenland (Schlesien). Eier werden gegessen. — *Sterna hirundo* L. Seeschwalbe. Binnengewässer.

Fam. *Tubinares*. Nasenöffnungen röhrig verlängert, Schwimmfüße, Hinterzehe verkümmert. Pelagische Vögel, Flug ausdauernd. — *Procellaria pelagica* L. Sturmvogel. Nordwesteuropäische Meere. — *Diomedea exulans* L. Albatros. Südliche Ozeane.

§ 110. 3. Ordn. Steganopodes. Ruderfüßer. Ruderfüße, Hinterzehe lang, nach innen gewendet (Fig. 316 c), Tarsen kurz; Schnabel stark, mit Seitenfurchen, darin die Nasenlöcher. Teils Flieger von höchster Ausdauer, teils Taucher, von Fischen lebend. Nester bald auf Bäumen oder Felsen, bald im Sumpfe; Eier

änglich, die bläulich gefärbte Schale meistens noch mit einem weißen Kalküberzuge; Nesthocker.

Fam. ***Phalacrocoracidae.*** Flußscharben. Kormorane. Zehen mit starken Krallen, Schnabelspitze scharf, hakig. Basis des Unterschnabels mit Hautsack; Flügel verhältnismäßig kurz. Schwanz ziemlich lang; vorzügliche Schwimmer und Taucher auf großen Binnengewässern; gefräßige Fischfresser. Nisten kolonienweise auf Bäumen. — *Phalacrocorax carbo* L. Kormoranscharbe. Westpreußen. Naturdenkmal.

§ 111. 4. Ordn. Lamellirostres. Zahnschnäbler. Körper gedrungen, Hals lang, Schnabel mäßig lang, mit weicher Haut bedeckt, nur an der Spitze mit länglicher Hornplatte (Nagel), die sich oft hakig über die Schnabelspitze herabbiegt; Schnabelränder mit einer Reihe querer Hornlamellen besetzt; Zunge dick, an den Seiten hornig gefranst oder gezähnelt; Lauf kurz, zwischen den Vorderzehen vollständige Schwimmhäute, Hinterzehe klein, frei, hoch angesetzt; Flügel kurz oder mäßig lang. Schwanz kurz. Wasservögel, gute Schwimmer, gründeln, manche tauchen. Zugvögel. Geschlechter gleichfarbig oder verschieden gefärbt. Zahlreiche weiße oder graue fettglänzende Eier. Nestflüchter.

Fam. *Anatidae* Enten. Schnabel breit und meist flach gedrückt, an der Wurzel breiter als hoch, Hornlamellen gegen die Schnabelspitze hin verkümmert, Nagel nimmt ½ der Schnabelspitze ein; Flügel nur bis zur Schwanzwurzel reichend, mit lebhaft bunt gefärbtem Fleck (Spiegel). Männchen mit Hochzeitskleid. Am Meer und Süßwasser; Nahrung: Pflanzenteile und Samen, Würmer, Wasserinsekten, Fischlaich, Weich- und Krebstiere, Fische. — Schwimmenten. Beine ungefähr in der Bauchmitte eingelenkt, beim Gehen den Körper wagrecht getragen; Hinterzehe ohne Hautsaum; Hals lang, Kopf gestreckt. — *Anas boscas* L. Stockente. Nistet am Boden oder in hohlen Bäumen, Stammform der Hausente. — *Anas crecca* L. Krickente. — *Anas querquedula* L. Knäckente. — Tauchenten. Beine nach hinten gerückt, Körperhaltung daher mehr aufrecht; Hinterzehe mit Hautsaum. Hals kurz, Kopf dick. — *Anas clangula* Naum. Schellente.

Fam. *Cygnidae*, Schwäne. Hals sehr lang, dünn, Schnabelspitze nicht verschmälert, Nagel halb so breit als Nagelspitze. Gefieder weiß oder schwarz, Dunenkleid grau. — *Cygnus olor* Gm. Höckerschwan. Norddeutsche Seen.

Fam. *Anseridae.* Gänse. Schnabel an der Wurzel höher als breit; Nagel so breit wie die Spitze, Hornlamellen reichen bis zu dieser. Farbe: weiß, schwarz, grau. Flügel angelegt wenigstens die Schwanzspitze erreichend. Laufen, schwimmen, fliegen gut; viele brüten im hohen Norden. Nehmen vorwiegend Pflanzenkost. Zugvögel. — *Anser anser* L. [*ferus* L.] Graugans. — *Anser segetum* Naum. Schneegans. Durchzugs- und Wintervogel in Deutschland; frißt junge Saat.

Fam. *Mergidae.* Schnabel schmal, Spitze starkhakig. Federhaube. — *Mergus merganser* L. Großer Säger.

§ 112. 5. Ordn. Grallatores. Stelzvögel, Sumpfvögel. Hals meist lang; Schnabel scharf vom Kopfe abgesetzt. Watbeine, Zehen am Grunde geheftet oder vollständig frei, bisweilen mit gelappten Hautsäumen (Fig. 316 h), Hinterzehe klein und hochangesetzt, oder fehlend. Fast alle lieben das Wasser, indem sie sich an Küsten und Ufern oder im Sumpfe aufhalten; ernähren sich von Kleintieren, grünen Pflanzenteilen, Samen. Erdnister; Nestflüchter, mit Ausnahme der Kraniche, vier meist birnförmige, braunfleckige Eier

Fam. *Charadriidae.* Regenpfeifer. Kopf dick, Stirn steil, Schnabel hart, grade, kurz, Augen vortretend; Hinterzehe fehlt oder ist stummelig. Großenteils am Meeresstrande, weniger an Binnengewässern oder in trocknen Gegenden. — *Vanellus*

*vanellus* L. [*cristatus* Meyer], Kiebitz, Zugvogel. Eier geschätzt. — *Charadrius pluvialis* L. Goldregenpfeifer.

Fam. *Scolopacidae*. Schnepfenvögel. Kopf gewölbt, Stirn steilansteigend; Schnabel lang und dünn, Oberschnabel biegsam, von weicher Haut überzogen, die namentlich an der Spitze sehr nervenreich ist; Hinterzehe kurz oder fehlend. Leben am Wasser oder an feuchten Orten und nähren sich von kleinen Wirbellosen. Hierher gehören die Wasser- und Strandläufer, Brachvögel. — Waldschnepfen. Schnabel an der Spitze verdickt. *Scolopax rusticola* L. Waldschnepfe. 12 Steuerfedern, Hinterkopf schwarz quer gebändert. März und September, manche auch im Winter hier, brütet meist im Norden. Schnepfenstrich. — Sumpfschnepfen. Schnabel an der Spitze abgeplattet. *Gallinago major* Rchw. Pfuhl-, Doppelschnepfe. Scheitel braun mit gelbem Längsstrich, 16 Steuerfedern. Durchzugsvogel. — *Gallinago coelestis* Rchw. Bekassine. Scheitel braun, mit gelbem Längsstrich; 14 Steuerfedern, die äußersten mit an der Basis schraubenförmig gedrehten Fahnen sind Meckerfedern. Brutvogel Deutschlands. — *Gallinago gallinula* L. Kleine Bekassine. Scheitel mit zwei hellen Längsstrichen, 12 Steuerfedern.

Fam. *Otididae*. Trappen. Laufbeine kräftig, Hinterzehe fehlt, vordere kurz, ganzgeheftet; Schnabel kurz und grade, am Grunde breit; Schwanz und Flügel mittellang; letztere zugerundet. Auf weiten Ebenen, Steppen; Pflanzenfresser, nur in der Jugend insektivor; Nestflüchter. — *Otis tarda* L. Großtrappe. Norddeutschland.

Fam. *Gruidae*, Kraniche. Hals und Schnabel lang; Lauf sehr lang, Zehen kurz, ganz- oder halbgeheftet, Hinterzehe vorhanden. Große Vögel, die neben Körnern und Grünem auch Kleintiere verzehren; sie brüten im unzugänglichen Sumpfe auf der Erde; legen zwei braune, grobfleckige Eier; die Jungen sind kurze Zeit Nesthocker. — *Grus grus* L. [*cinerea* Bechst.] Gemeiner Kranich.

Fam. *Rallidae*. Rallen. Flügel kurz, gerundet; Schwanz sehr kurz; Zehen vollständig gespalten, mindestens die vorderen sehr lang, mit kräftigen Nägeln; Schreit- oder Schwimmfüße (Fig. 316 f); Schnabel kurz, seitlich zusammengedrückt. Verzehren neben Vegetabilien auch Tiere aller Art, legen ihre losen Nester teils auf der Erde, teils im Wasser schwimmend zwischen Rohr an; die Zahl der bunten Eier beträgt 4—12. — *Fulica atra* L. Bläßhuhn.

§ 113. 6. Ordn. Gressores. Schreitvögel. Schnabel lang, vom Kopfe kaum abgesetzt, hornig ohne Wachshaut; Hals und Beine sehr verlängert, die Hinterzehe der Schreitfüße in Höhe der vorderen angesetzt (Fig. 316 e). Am Meere, an Binnengewässern und in Sümpfen; auf dem Boden langsam schreitend, häufig im Wasser watend. Nester meist auf Bäumen, mit 3—5 meist einfarbigen, weißen oder blauen Eiern. Nesthocker.

Fam. *Ciconiidae*, Störche. Schnabel hart und grade, ohne Längsfurche; Hals im Fluge gestreckt; alle Vorderzehen geheftet. Nahrung: Insekten, Weichtiere und kleine Wirbeltiere, vorzüglich Kaltblüter. — *Ciconia ciconia* L. Weißer Storch. Im Winter bis nach Südwestafrika ziehend. — *Ciconia nigra* L. Schwarzer Storch. Scheuer Waldbewohner. Naturdenkmal.

Fam. *Ardeidae*. Reiher. Körper schmächtig, seitlich zusammengedrückt, Kopf klein, meist mit Federschopf im Nacken. Schnabel lang, scharfkantig; vom Nasenloche bis zur Mitte eine Längsfurche; Mittel- und Außenzehe geheftet, erstere mit gezähnelter Kralle; Brust mit Puderdunen; Hals im Fluge S-förmig geknickt. Leben am Wasser, nähren sich vorzugsweise von Fischen, nehmen auch Mäuse, Wasserinsekten. Horste auf hohen Bäumen, oft kolonieweise; Eier meist blau. —



*Ardea cinerea* L., Fischreiher. An See und Fluß wirtschaftlich bedeutungslos, für Teichwirtschaften schädlich.

§ 114. 7. Ordn. Columbae, Tauben. Schnabel kurz, gerade und dünn, weichhäutig, nur die Spitze hornig und sanft gebogen, in der Gegend der Nasenlöcher aufgetrieben, diese schlitzförmig und von einer Falte überdeckt (Fig. 325). Lauf sehr kurz, Hinterzehe der Spaltfüße mäßig lang, auftretend (Fig. 316 l); Flügel lang und spitz. Vielfach gesellige, nur von Pflanzenstoffen lebende Vögel, die teils auf Bäumen hausen und Früchte verzehren, teils als Körnerfresser ihre Nahrung auf dem Boden suchen. Nester auf Bäumen oder in Höhlen, stets sehr locker; die zwei Eier reinweiß. Die Jungen sind Nesthocker, zuerst fast nackt und blind; sie werden von den Alten mit einer käsigen Absonderung des Kropfes gefüttert. — *Columba palumbus* L. Ringeltaube. Nistet auf Bäumen. — *Columba oenas* L. Hohltaube. Nistet in Baumhöhlen. — *Columba livia* L. Felsentaube. Nistet in Felsspalten. Stammform der Haustaube. — *Columba turtur* L. Turteltaube. Nest auf Bäumen.

§ 115. 8. Ordn. Rasores. Scharrvögel. Von gedrungenem Körper, mit stämmigen Scharrfüßen (Fig. 316 i) und kurzen muldenförmigen Flügeln. Sitzfüße, Hinterzehe hoch angesetzt; ♂ häufig mit 1—2 Sporen über der Hinterzehe; Schnabel kürzer als der Kopf, etwas gebogen, Oberschnabel mit übergreifenden Rändern und herabgezogener Spitze, Nasenlöcher nahe der Schnabelwurzel unter einem häutigen Deckel. Laufende Bodenvögel, die ihre aus Beeren, Knospen, Nadeln, Körnern, Gliedertieren, Würmern bestehende Nahrung vielfach durch Scharren aufdecken. Kropf vorhanden. Gesellig, meist polygame Erdbrüter; Gelege eierreich, Nestflüchter.

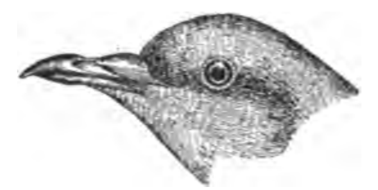


Fig. 325. Kopf der Ringeltaube (aus Reichenow).

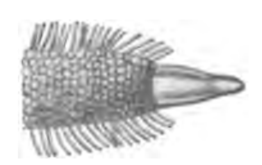


Fig. 326. Zehe von Tetrao von unten (nach Reichenbach).





Fig. 327. Kopf und Fuß des Uhus (aus Leunis).

Fam. *Phasianidae*. Echte Hühner. Hinterzehe kürzer als die Innenzehe, ohne Nagel, Lauf hoch, meist gespornt; Nasenlöcher von einer nackten Haut bedeckt; am Kopfe oft nackte, lebhaft gefärbte Stellen und Hautlappen; die ♂ viel größer und prachtvoller gefärbt als die ♀. In bewaldeten Gegenden oder Steppen in Völkern zusammen; die Paarung vielfach mit Balz. — *Phasianus colchicus* L. Edelfasan. In Deutschland aus Westasien eingeführtes Jagdgeflügel; neuerdings wurden verwandte Arten, *Ph. unicolor* und *Ph. torquatus*, Ringfasan, eingeführt, letzterer vielfach mit dem Edelfasan gekreuzt. — *Meleagris gallopavo* L. Truthuhn aus Texas und Mexiko. Stammform des Puten. Als Jagdgeflügel kürzlich in Deutschland eingeführt. — *Gallus bankiva* Gmel. Indien. Stammform des Haushuhns. — *Caccabis saxatilis* M. W. Steinhuhn. Mitteleuropa. — *Perdix* (*cinerea*) *perdix* L. Rebhuhn. Monogam. ♂ auf der Außenfahne der Schulterdeckfedern mit rostbraunem Mondfleck, ♀ auf Innen- und Außenfahne mit 2—3 weißgelben Querstrichen. Der braune Brustfleck kommt beiden Geschlechtern zu. — *Coturnix coturnix* L. Wachtel. Monogamer Zugvogel. Ist in Deutschland infolge intensiver Bodenkultur, Rübenbau, Unkrautbekämpfung selten geworden.

Fam. *Tetraonidae*, Rauhfußhühner. Lauf, oft auch die Zehen befiedert, letztere an den Seiten mit Hornstiften besetzt (Fig. 326); Decke der Nasenlöcher befiedert. Bei der Mauser werden auch die Zehenstifte, Krallen und die Schnabelscheide gewechselt. Die Nahrung besteht neben Insekten aus Sämereien, Knospen, Nadeln und Beeren. Fortpflanzung mit lebhafter Balz; Nester stets auf der Erde; Eier auf bräunlichem Grunde dunkelgefleckt. — *Tetrao urogallus* L. Auerhuhn. Schwanz abgerundet, Unterschwanzdeckfedern bedecken den Schwanz zur Hälfte. Hahn dunkelbraun, Brust metallglänzend schwarzgrün. Henne rostfarben weißfleckig. Balzt vom Baum im März-April. Standvogel. — *Tetrao* (*Lyrurus*) *tetrix* L. Birkhuhn. Schwanz leierförmig, die weißen Unterschwanzdeckfedern überragen die Steuerfedern. Hahn schwarz, Hals blau stahlglänzend. Henne braun, gefleckt und gebändert. Balzt im April am Boden. — *Tetrao medius* Meg., Rackelwild. Bastard der beiden vorhergehenden. Hahn an der Brust violett glänzend. Skandinavien, Rußland. — *Lagopus mutus* Montin (*alpinus* Nilss.), Schneehuhn. Hoher Norden und Alpen. — *Lagopus albus* Gm. Moorhuhn. Hochnordisch. Die schottische Varietät „Grouse" in Deutschland als jagdbares Wild eingeführt.

Fam. *Pteroclidae*. Flughühner. — *Syrrhaptes paradoxus* Pall. Steppenhuhn Tartarei. Große Wanderzüge nach Westeuropa erfolgten 1863 und 1888.

§ 116. 9. Ordn. Accipitres. Raubvögel. Sitzfüße, bis zur Fußbeuge befiedert, Krallen lang und gekrümmt, spitz. Schnabel kräftig, Spitze hakenförmig herabgebogen, seine Wurzel mit weicher, die freien Nasenlöcher einschließender Wachshaut. Schwingen und Steuer lang und starkfedrig. Kropf vorhanden. Nest meistens frei auf Bäumen oder Felsen, seltener am Boden; Nesthocker.

Fam. *Falconidae*. Falken. Zügelgegend des Kopfes fast immer mit borstenartigen Federn besetzt; Zehen in der Regel halbgeheftet, die Kralle der Innenzehe am stärksten; Schnabel hoch und kurz. Alle nähren sich von selbsterlegter Beute, doch verschmähen einzelne auch Aas nicht. Stoßen „Gewölle" aus.

1. Unterfam. *Circinae*. Weihen. *Circus*. Körper schmächtig, Schnabel ohne Zahn, Krallen kurz, Flügel lang. Schleier deutlich. Nest bodenständig in offener Gegend, nehmen ihre Beute vom Boden. — *Circus aeruginosus* L. Rohrweihe. Gefieder braun. — *Circus cyaneus* Bp. Kornweihe. ♂ blaugrau. ♀ braun.

2. Unterfam. *Falconinae*. Edelfalken. Schnabel stark, im Oberkiefer oft jederseits mit einem scharfen Zahn vor der Spitze und entsprechenden Ausschnitten im Unterkiefer (Fig. 317 e); die langen, spitzen Flügel erreichen häufig das Schwanzende. Viele fangen ihren lebendigen, aus Warmblütern und Insekten bestehenden Raub nur im Fluge; Eier von rostbrauner Grundfarbe mit dunklerer Fleckenzeichnung. — *Falco tinnunculus* L. Turmfalk. Rüttelfalk. — *Falco subbuteo* L. Lerchenfalk. — *Falco vespertinus* L. Rotfußfalk. Schlesien. — *Falco peregrinus* Wanderfalk.

3. Unterfam. *Milvinae*. Milane. Zehen und Läufe sehr kurz, Schwanz lang, gegabelt. Eier weiß. — *Milvus milvus* L., roter Milan.

4. Unterfam. *Buteoninae*. Bussarde. Schwanz kürzer als bei den Milanen. Nahrung vorzugsweise Säugetiere. — *Buteo buteo* L. Mäusebussard. In Größe schwankend, braune und weiße Varietäten. — Adler: *Aquila pomarina* Brehm (*naevia* Naum), Schreiadler. — *A. clanga* Pall. Schelladler. Beide in Norddeutschland.

5. Unterfam. *Accipitrinae*, Habichte. Schwanz, Lauf und Zehen lang, Flügel kurz. Eier weiß oder braungefleckt. — *Astur palumbarius* L., Hühnerhabicht. — *Accipiter nisus* L., Sperber.

§ 117. 10. Ordn. Striges. Eulen. Körper kurz, Kopf groß, Augen nach vorn gerichtet, sehr groß, von strahligem Federkranz („Schleier") umgeben. Manche



mit Federbüscheln am Kopf (Fig. 327). Ohröffnung durch eine häutige Klappe verschließbar; Schnabel von der Wurzel an hakig gekrümmt, kein Kropf. Läufe und Zehen meist befiedert, Krallen äußerst spitz. Die Außenzehe ist eine Wendezehe (Fig. 327); Gefieder locker und weich, die Strahlen an der Außenfahne mindestens der 1. Schwungfeder hakig nach außen gebogen. Nachtraubvögel, die meist in Höhlen brüten, Eier rein weiß, von kugeliger Form; Nesthocker. — *Syrnium aluco* L. Waldkauz. — *Asio otus* L. Waldohreule. — *Bubo bubo* L. Uhu. — *Strix flammea* L. Schleiereule. — *Asio accipitrinus* Pall. Sumpfohreule.

§ 118. 11. Ordn. Coccygomorphae. Kuckucksartige. Schnabel oft groß bis ungeheuerlich, dann aber das Knochengefüge sehr leicht und schwammig (Pfefferfresser), ohne Wachshaut; Zunge klein, flach. Schreit- oder Kletterfüße. Die meisten leben in Wäldern, nisten in Baumhöhlen und verzehren Insekten. Nesthocker.

Fam. *Cuculidae*. Kuckucke. Schnabel seitlich zusammengedrückt, sanft gebogen, an der Spitze hakig; Wendezehe; Schwanz und Flügel lang. Tier-, zumal Insektenfresser, die teils selbst brüten, teils Brutschmarotzer sind. — *Cuculus canorus* L. Kuckuck.

Fam. *Coraciadae*, Racken. In Deutschland nur *Coracias garrula* L. Blauracke.

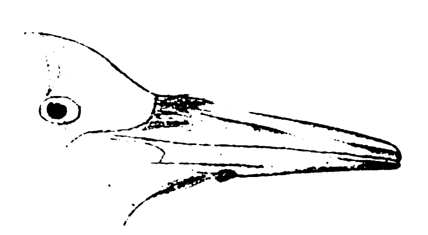


Fig. 328. Kopf des Schwarzspechts (nach Reichenbach).

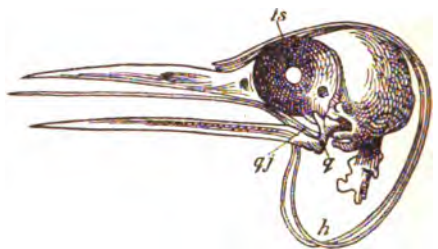



Fig. 329. Schädel eines Spechts. h Zungenbein, is Interorbitalseptum, q Quadratum, qj Quadratojugale (aus Goette).

Fam. *Upupidae*. Hopfe. Schnabel gebogen lang. — *Upupa epops* L. Wiedehopf, mit aufrichtbarer Federhaube.

Fam. *Alcedinidae*. Eisvögel. Gestalt gedrungen, mit kurzem Hals, dickem Kopf und langem, graden, spitzen Schnabel; Lauf kurz, die drei Vorderzehen teilweise verwachsen. Prächtig metallisch gefärbte, ungesellige Vögel, die überwiegend von Fischen leben, in Höhlen brüten und rein weiße, glänzende Eier von Kugelform legen. — *Alcedo ispida* L. Eisvogel.

12. Ordn. Pici. Spechte. Schnabel stark meißelförmig, ohne Wachshaut, (Fig. 328) Zunge dünn, weit vorstreckbar, Flügel kurz, Kletterfüße, stark bekrallt.

Fam. *Picidae*. Spechte. Der starke senkrechte Schnabel läuft am Ende in eine senkrechte Schneide aus; die lange, wurmförmige Zunge trägt an der Spitze Widerhäkchen und kann weit hervorgeschnellt werden infolge mächtiger Entwicklung der Zungenbeinhörner, die sich von hinten her über den Schädel legen (Fig. 329). An den kräftigen Kletterfüßen (Fig. 316 p) ist die Außenzehe die längste und nach hinten gerichtet, die Hinterzehe kann fehlen. Der keilförmige Schwanz, aus sehr steifen Federn gebildet, wird beim Klettern zum Anstemmen benutzt. Die Spechte klettern an Baumstämmen in Spiralen aufwärts. Nahrung: Insekten, Samen und Beeren. Sie brüten in Höhlen, die sie in kranken Bäumen ausmeißeln; die Eier sind spitzoval und weiß. — *Picus martius* L. Schwarzspecht. Hat sich in den letzten Jahrzehnten nach Westen über ganz Deutschland verbreitet. Nahrung: holzbewohnende In-

sektenlarven, Ameisen. — *Gecinus viridis* L. Grünspecht. Frißt nur Ameisen. — *Dendrocopus major* L. Großer Buntspecht. Frißt Insekten aller Art, holzbewohnende Larven, hackt Koniferenzapfen auf (Spechtschmiede), behackt die Rinde gesunder Stämme (Wanzenbäume). Trommelt zur Paarungszeit. — *Jynx torquilla* L. Wendehals.

§ 119. 12. Ordn. Macrochires. Langschwinger. Beine kurz, Füße schwach, Flügel unverhältnismäßig lang, der Oberarm sehr kurz, die Hand länger als der Unterarm. Jeder Ast des Unterkiefers in zwei gelenkig verbundene Stücke geteilt. Ermöglicht weites Oeffnen des Schnabels. Bei den Kolibris jedoch ist der Schnabel lang, zugespitzt. Insektenfresser, die ihre Beute in andauerndom Fluge erhaschen. Nesthocker.

Fam. *Caprimulgidae.* Nachtschwalben. Nachtvögel mit weichem Gefieder, flachem Kopf, kurzem weichen, dreieckigen Schnabel, aber sehr weit gespaltener Mundöffnung (Fig. 22). Vorderzehen geheftet, die mittlere sehr lang, mit gekrümmter Kralle (Fig. 316 o). Hinterzehe kann nach vorn gewendet werden. Sitzen bei Tage der Länge nach auf Aesten und Stämmen schlafend, deren Rinde ihr Gefieder täuschend ähnlich gezeichnet ist. Die zwei fast walzigen Eier werden auf die bloße Erde gelegt. — *Caprimulgus euopaeus* L. Ziegenmelker, Nachtschwalbe.

Fam. *Cypselidae.* Segler. Schwalbenähnliche Vögel mit starkbekrallten Klammerfüßen (Fig. 316 n) und sehr langen, säbelartig gekrümmten Handschwingen. Tagvögel mit reißend schnellem Fluge. Bauen in Fels- und Baumlöchern ein loses Nest aus Halmen und Federn, die oft mit klebrigem Speichel verkittet werden: — *Cypselus apus* L. Mauersegler. Nistet in Bäumen und in Ritzen an Häusern der Städte. — *Collocallia esculenta* L. Salangane. Südasien. Die nur aus Speichel gebauten Nester sind eßbar.

§ 120. 13. Ordn. Passeres. Sperlingsvögel.

1. Unterordn. *Clamatores.* Schreivögel. Lauf vorn getäfelt, hinten nackt oder beschuppt. Erste Handschwinge lang. Ausschließlich fremdländische Arten.

2. Unterordn. *Oscines.* Singvögel. Vorderseite des Laufes von einer Anzahl Horntafeln umschlossen, die vollständig zu einer Schiene verwachsen können, Hinterseite jederseits mit einer ungeteilten Längsschiene bekleidet; Wandelfüße. Zehn Handschwingen, die erste höchstens halb so lang wie die zweite, oft verkümmert oder fehlend. Syrinx mit Singmuskeln und Stimmbändern. Nesthocker. Pflanzen- und Insektenfresser. Letztere stoßen Gewölle aus.

Fam. *Hirundinidae.* Schwalben. Schnabel kurz und flach, weitgespalten. Füße sehr klein; sehr spitze Flügel mit neun langen Handschwingen und kurzen Armschwingen. Andauernd fliegende Insektenfresser. Eier rein weiß oder rotbraun gefleckt. — *Hirundo rustica* L. Rauchschwalbe. Nester aus Lehm mit Speichel verkittet, oben offen an senkrechten Wänden in Häusern; brüten gesellig. — *Chelidon urbica* L. Hausschwalbe. Nester rings geschlossen mit Flugloch. — *Clivicola riparia* L. Uferschwalbe, Nester in Erdlöchern.

Fam. *Muscicapidae.* Fliegenschnäpper. Schnabel flach mit kleinem Haken an der Spitze; zehn Handschwingen. Verzehren fliegende Insekten, die sie von einer Warte aus im Fluge wegschnappen. — *Butalis grisola* L. Grauer Fliegenschnäpper.

Fam. *Laniidae.* Würger. Schnabel kräftig mit starkem Zahnvorsprung und Haken wie bei den Edelfalken (Fig. 330), am Grunde mit Borsten. Läufe und Füße kräftig, stark bekrallt. Verzehren Insekten, die sie wie die Fliegenfänger erhaschen, aber auch kleine Wirbeltiere bis zur Feldmaus, die manche Arten auf Dornen anspießen. — *Lanius excubitor* L. Großer Raubwürger.

Fam. *Corvidae.* Raben. Große Singvögel, Schnabel kräftig, vorn schwach gekrümmt; Oberkiefer gerade, bisweilen mit schwachem Haken. Nasenlöcher von Borsten bedeckt (Fig. 331). Erste Schwinge länger als die Handdecken; Gang schreitend. Omnivor, vielfach auch kleine Wirbeltiere raubend, über die ganze Erde verbreitet. Nester nicht selten kolonieweise angelegt; Eier auf grünlichem Grunde bräunlich gefleckt. — ***Corvus corax*** L. Kolkrabe. Naturdenkmal. — ***Corvus corone*** L. Rabenkrähe. Westlich der Elbe. — ***Corvus cornix*** L. Nebelkrähe. Oestlich der Elbe. — ***Colaeus monedula*** L. Dohle. — ***Trypanocorax frugilegus*** L. Saatkrähe. In Kolonien nistend. — ***Nucifraga caryocatactes*** L. Tannenhäher. — ***Pica pica*** L. Elster. — ***Garrulus glaudarius*** L. Eichelhäher.

Fam. *Oriolidae.* Pirole. Schnabel stark, wenig gebogen; Nasenlöcher frei; keine Borsten am Mundwinkel. — ***Oriolus galbula*** L. Pirol.

Fam. *Sturnidae.* Staare. Schnabel stark, wenig gebogen; Nasenlöcher frei; Flügel spitz. Sehr gesellige, in Höhlen und gesellschaftlich nistende Vögel. Leben von Kleintieren, Früchten und Beeren; schreiten. Eier hellblau. — ***Sturnus vulgaris*** L. Gemeiner Star.

Fam. *Fringillidae*, Finken. Kleine Vögel, Schnabel kurzkegelig, mit gerader Spitze; neun Handschwingen. Nähren sich von Samen, besonders von ölreichen. im Frühjahr daneben von Kerbtieren; im Herbste von Beeren und Früchten; die Jungen werden mit Insekten aufgezogen; Bewegung hüpfend. Nester aus Halmen und Fasern zierlich geflochten; meist fünf auf hellfarbigem Grunde gefleckte und bekritzelte Eier. — ***Fringilla caelebs*** L. Buchfink. — ***Passer domesticus*** L. Haussperling. — ***Loxia curvirostra*** L. Fichtenkreuzschnabel. — ***Emberiza citrinella*** L. Goldammer.

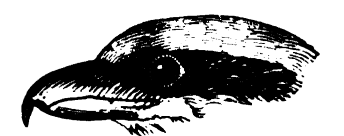


**Fig. 330. Kopf von Lanius excubitor (aus Ritzema Bos).**

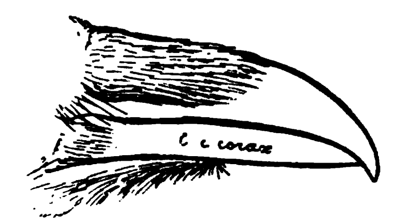



**Fig. 331. Schnabel des Kolkraben (aus Hartert).**

Fam. *Motacillidae.* Bachstelzen. Schlanke, hochbeinige, laufende Bodenvögel, die das Wasser lieben, sogar am Seestrande vorkommen; Insektenfresser; Nester auf oder nahe der Erde. — ***Motacilla alba*** L. Weiße Bachstelze.

Fam. *Alaudidae.* Lerchen. Körper gedrungen, Füße kurz, Hinterkralle sehr lang, oft spornartig; Schnabel bald pfriemen-, bald kegelförmig; erste Handschwinge kurz oder fehlend. Durch Schutzfärbung ausgezeichnete Bodenvögel, ♂ singen während des Balzfluges. Nahrung: Insekten, grüne Pflanzenteile und Samen; die losen Nester stehen in Erdvertiefungen. — ***Alauda arvensis*** L. Feldlerche.

Fam. *Certhiidae*, Baumläufer. Zehen lang, Krallen schlank, Schnabel glattrandig; zehn Handschwingen. Waldbewohner, klettern an Bäumen und Felsen. Nester in Höhlen und Spalten, Eier auf weißem Grunde rötlich bis schwarzbraun gefleckt. — ***Certhia familiaris*** L. Baumläufer. Sucht Insekten an Baumstämmen. — ***Sitta caesia*** Wolf Kleiber. Hackt kopfabwärts sitzend Sämereien auf.

Fam. *Paridae.* Meisen. Zehen kurz, am Grunde verwachsen; Schnabel sehr kurz, kegelförmig, mit einfacher Spitze; Nasenlöcher von Borsten überdeckt, Flügel kurz und stumpf, Gefieder weich. Muntere, klettergewandte Baumvögel; verzehren Insekten, deren Eier und Samen. Nester in Höhlungen; nur Schwanz- und Beutel-

meise bauen freie, oben überwölbte Nester, Eier wie die der Baumläufer, bis zu zwölf im Gelege. — *Parus major* L. Kohlmeise. — *P. ater* L. Tannenmeise. — *P. caeruleus* L. Blaumeise. — *P. palustris* L. Sumpfmeise. — *Lophophanes cristatus* L. Haubenmeise. — *Acredula candata* L. Schwanzmeise.

Fam. *Sylviidae*, Sänger. Flügel spitz; Schnabel pfriemenförmig (Fig. 317, d). Leben in Baumkronen, Gebüsch und Hecken. Höchste Gesangsleistung. — *Sylvia atricapilla*. Plattmönch. — *Sylvia nisoria* Bchst. Sperbergrasmücke. — *Regulus ignicapillus* Brehm. Goldhähnchen.

Fam. *Turdidae*. Drosseln. Vorderseite des Laufes bei den Erwachsenen gestiefelt, d. h. von einer ungeteilten Hornschiene bedeckt; erste Schwinge sehr kurz. Bewohner lichter Gehölze, seltener des dichten Hochwaldes, nähren sie sich von Insekten, im Herbst auch von Beeren; Nester fast immer offene Näpfe inmitten von Gezweig und Halmen. Bewegen sich zur Nahrungssuche vorzugsweise hüpfend auf dem Boden. — *Turdus pilaris* L. Krammetsvogel. Wacholderdrossel. *T. viscivorus* L. Misteldrossel. — *T. musicus*. Singdrossel; alle Waldbewohner. — *Turdus merula* L. Amsel. Ein schädlicher Gartenvogel. — *Erithacus rubeculus* L. Rotkehlchen. — *E. titys* L. Hausrotschwanz. — *Aedon luscinia* L. Nachtigall. — *Cinclus aquaticus* Bechst. Wasseramsel. — *Troglodytes parvulus* Koch. Zaunkönig.

§ 121. **6. Klasse. Mammalia.** Säugetiere. Gleichwarme, zwei Gelenkhöcker des Hinterhauptbeines besitzende, in der Regel mit Haaren bedeckte Amnioten, die ihre meist lebendig geborenen Jungen mit dem Sekrete von Milchdrüsen eine zeitlang säugen.

In schroffem Gegensatze zu der Einförmigkeit, welche die ganze äußere und innere Organisation der Vögel beherrscht, weist die Klasse der Säugetiere darin die stärksten Unterschiede auf. Diese werden veranlaßt einmal durch die Anpassung an das bewohnte Medium — Erde, Wasser, Luft, woraus eine verschiedene Ausbildung der Bewegungsorgane entspringt, zweitens durch die Art der Ernährung, auf welche sehr abweichende Formen des Gebisses und selbst des Darmkanals zurückgehen, endlich bietet die Körperbedeckung mancherlei Unterschiede dar, und im Bau der Geschlechtsorgane wie in der Embryonalentwicklung tritt eine Mannigfaltigkeit von Erscheinungen auf, wie sie nur ein frühzeitig platzgreifendes Auseinanderweichen der einzelnen stammesgeschichtlichen Aeste und Zweige erwachsen lassen konnte.

Die Haut zeichnet sich durch die als Haare bezeichneten Epidermoidalgebilde aus, die auf ernährenden Kutispapillen in kleinen Follikeln, den Haarbälgen, entstehen und mit dem als Schaft bezeichneten Oberteil hervorragen. Man unterscheidet die feineren weichen, gewöhnlich eine kurze, feinfilzige Decke bildenden Wollhaare und die zerstreuter stehenden steifen Stichelhaare oder Grannen, die sich zu harten langen Borsten und Stacheln (Igel, Stachelschwein) verstärken können. Bei den Seekühen und Walen geht das Haarkleid bis auf geringe Reste am Kopfe verloren. Durch glatte und quergestreifte Muskeln können einzelne Haare bewegt, wie auch das ganze Haarkleid gesträubt werden. Auch Schuppenbildungen sind nicht selten, z. B. auf dem Schwanze des Bibers und der echten Mäuse; am weitesten ausgebildet sind die großen Schuppen, die dachziegelartig den ganzen Körper des Schuppentiers (*Manis*) bedecken. Epidermoidalbildungen sind ferner die Hornscheiden der hohlhörnigen Wiederkäuer und der Nasenaufsatz des Rhinozeros sowie Krallen, Nägel, Klauen, Hufe an den Zehenspitzen. Dagegen entstehen die gürtelähnlich gereihten Panzerplatten der Gürteltiere aus Kutisverknöcherungen. Hautdrüsen sind reichlich vertreten, namentlich als kleine Talg- und Schweißdrüsen und besondere, meist aus ersteren hervorge-

gangene größere Drüsen, die, auf bestimmte Körperstellen beschränkt, meist zur Fortpflanzung in Beziehung stehen, z. B. die Milchdrüsen, die Brunstfaltendrüsen am Kopfe der Wiederkäuer, die Bibergeilsäcke an der Vorhaut des Bibers (Fig. 352); besonderen Zwecken des Schutzes dienen die Beindrüsen geselliger Huftiere und die Afterdrüsen der Marder.

Das Skelett (Fig. 332) besteht aus schweren markhaltigen oder massiven Knochen. Der Ausdehnung des Gehirns entsprechend ist der Schädel (Fig. 333, 336) eine geräumige Kapsel, deren einzelne Knochen durch ineinandergreifende Fortsätze längs der berührenden Kanten (Nähte) in sehr fester Verbindung stehen (Reh, Rotwild). Durch die Ausdehnung der Hirnkapsel wird der Gesichtsschädel nach unten und hinten gedrängt, was ebenso wie das Vorrücken der Augenhöhlen

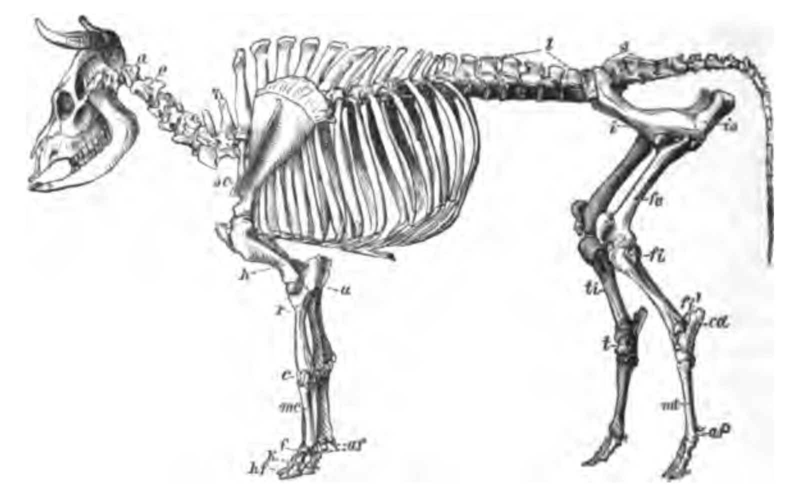



**Fig. 332. Skelett des Rindes.** a Atlas, e Epistropheus, sc Schulterblatt, h Oberarm, r Radius u Ulna, c Handwurzel, mc Mittelhand, f erstes, k zweites, hf drittes Fingerglied, af Afterklauen, l Lendenwirbel, s Sacralwirbel, i Hüftbein, s Sitzbein, fe Oberschenkel, ti Tibia, fi Fibula, ca Sprungbein, t Fußwurzel, mt Mittelfuß, 7 siebenter Halswirbel (aus Eckstein).

von der Seite nach vorn bei den Vierhändern den Gipfelpunkt erreicht. An der Bildung des Gesichtsschädels werden in hohem Grade die Oberkieferbeine beteiligt, da sie sich nicht nur sehr weit nach vorn strecken (beim Menschen bis zu völliger Verdrängung der Intermaxillaria) sondern auch nach oben wachsen, sodaß die Nasenbeine ganz nach der Mittellinie zusammengeschoben sind (Fig. 333). Vermittelst horizontaler Seitenplatten stellen die Maxillaria endlich ein hartes Gaumendach her, das Mund- und Nasenhöhle vollständig trennt. Ferner bildet jedes Maxillare durch Vermittlung des Jochbeins mit einer vorderen Verlängerung des Schuppenbeins — nicht des Quadratums, wie bei den Vögeln — einen kräftigen Jochbogen und entsendet sogar bei Huftieren und Vierhändern einen oberen Fortsatz zum Stirnbein, der Augenhöhle und Schläfe voneinander trennt; bei den Raubtieren ist dagegen diese Knochenverbindung unvollständig und bei den Nagern (Fig. 350) fehlt sie ganz. Die Gehörkapselknochen (Otica) sind zum Felsenbein (Petrosum) verschmolzen; dieses geht einerseits wieder mit dem Schuppenbein Verbindung ein, andrerseits mit dem Tympanicum, so daß aus Felsenbein und Tympanicum ein Knochenring gebildet wird, in dem das Trommelfell ausgespannt ist. Zwei der Gehörknöchelchen im Säugetierohr, Hammer und Ambos, entsprechen in entwicklungsgeschichtlicher Beziehung dem Quadratum und dem Gelenkfortsatz des Unterkiefers der übrigen Wirbeltiere, während der Steigbügel dem oberen Abschnitt des Zungenbeines analog

ist. Der Unterkiefer ist mit dem Schuppenbein gelenkig verbunden, und zwar bei den Raubtieren sehr innig, bei Wiederkäuern und Nagern viel freier. Bei den Einhufern,

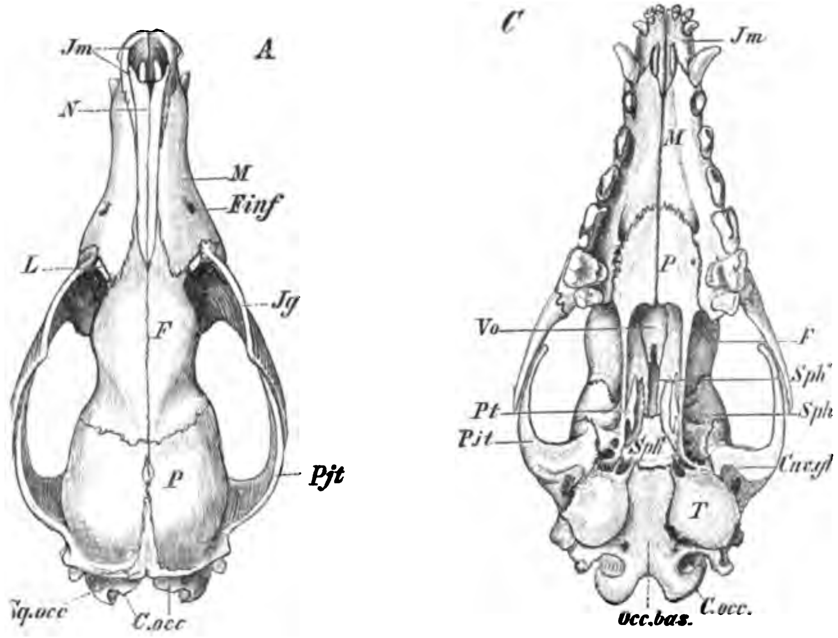



Fig. 333. Schädel des Hundes. A von oben, C von unten. Occ.bas. Basioccipitale, Cav. gl Gelenkgrube des Schuppenbeins für den Unterkiefer, Cho Choanon, C.occ Gelenkhöcker, Jg Jochbein, Jm Zwischenkiefer, L Tränenbein, M Oberkiefer mit Foramen infraorbitale (Finf), N Nasenbein, P (in A) Scheitelbein, P (in C) Gaumenbein, Pjt Jochbogenfortsatz des Schuppenbeins, Pt Flügelbein, Sph Alisphenoid, Sph' Basisphenoid, Sq Schuppenbein, Sq.occ Hinterhauptschuppe, T Tympanicum, Vo Pflugscharbein (aus Wiedersheim).

Fledermäusen, Affen und Menschen verwachsen die Unterkieferhälften am Kinn miteinander.

In der W i r b e l s ä u l e ist die Regionenbildung sehr deutlich; die Zahl der Wirbel in ihnen, mit Ausnahme des Schwanzteiles, schwankt wenig; in der Halsregion sind es fast immer, unabhängig von der Halslänge, sieben. Zwischen die gewöhnlich ebenen Flächen der Wirbelkörper sind elastische Bandscheiben gelagert. An dem langgestreckten, schmalen, aus zahlreichen Stücken zusammengesetzten Brustbein heften sich die vorderen Rippen durch Knorpelstücke direkt an (wahre Rippen), während die hinteren als falsche es nicht erreichen (Fig. 334). Zu dem stets ausgebildeten vorderen Gürtel pflegen Schlüsselbeine nur dann zu gehören, wenn die vorderen Gliedmaßen zum Greifen oder Fliegen dienen, während sie Läufern, wie Huf-

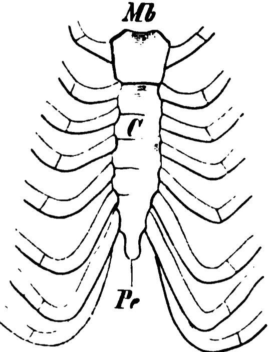



Fig. 334. Brustbein vom Menschen. C Körper, Mb Griff, Pe Schwertfortsatz unten die erste falsche Rippe (aus Wiedersheim).

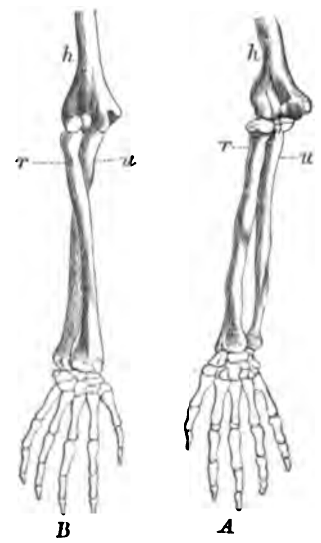



Fig. 335. Die Knochen des rechten menschlichen Vorderarmes. A Drehung der Handfläche nach oben (Supinatio), B Drehung derselben nach unten (Pronatio). h Oberarm, r Speiche, u Elle (aus Hayek).

und Raubtieren, und den Walen fehlen. Das Coracoid ist fast immer auf einen Fortsatz des Schulterblattes verkleinert. Der Beckengürtel ist bei den Walen und Seekühen entsprechend dem Fehlen der Hinterbeine bis auf einen Rest geschwunden, sonst durch die Hüftbeine eng mit dem Kreuzbein verwachsen; die Schambeine treten außer bei Fledermäusen in der Schambeinfuge zusammen. Grundform der Gliedmaßen ist der fünfzehige, mit der ganzen Sohle auftretende Fuß in der ursprünglichen Gliederung; oft ist die Zehenzahl vorn und hinten verschieden (5, 4) durch Fehlen des Daumens; fehlen weitere Zehen, so ist es zunächst die 5., dann die 2.,



Fig. 336. Schädel des Hundes.

endlich die 4., so daß bei Einhufern nur die 3. vorhanden ist. Bei Paarzehern sind die beiden äußeren Zehen meist reduziert, die Mittelfußknochen der mittleren Zehen miteinander verschmolzen. Die Knochen des Mittelfußes ordnen sich in zwei Reihen, unter ihnen haben Sprung- und Fersenbein der Hinterextremität eine größere Bedeutung. Die Ulna ist über das Ellenbogengelenk als Olecranon verlängert, sie verkümmert, wenn sie mit dem Radius verwachsen ist; dieser ist häufig in der Handwurzel um die Ulna drehbar, wodurch die Drehung der Hand ermöglicht wird. Wird der Daumen opponierbar, so wird der Vorderfuß zur Hand. Dem Kniegelenk, das den Unterschenkel nach hinten beugt, ist eine Kniescheibe vorgelagert. Tibia und Fibula sind meist, unter Verkümmerung der letzteren, verwachsen.

Je nachdem der Fuß mit der ganzen Sohle (Bär, Mensch) oder den Zehen (Hund, Katzen) oder nur mit den Zehenspitzen (Huftiere) auftritt, können Sohlen-, Zehen- und Spitzengänger unterschieden werden. Einseitige Sonderanpassung ans Graben oder Fliegen, sowie Schwimmen verrät das Skelett des Vorderarmes bei Maulwurf (Fig. 44), Fledermäusen (Fig. 346) und Walen, deren Flosse platte, ungelenkige verbundene Knochen, verkürzten Ober- wie Unterarm und Vermehrung der Zehen- und Phalangenzahl aufweist.

Die Verdauungsorgane beginnen mit fleischigen Lippen, welche den Mund schließen. Unter-, Ober- und Zwischenkieferknochen tragen einen Zahnbesatz, doch kann er bei den Edentaten ganz wegfallen, bei den Seekühen durch Hornplatten, bei vielen Walen durch Barten ersetzt werden. Die Zähne sitzen in Alveolen; von der über das Zahnbein hinausragenden schmelzüberzogenen Krone wird die

im Kiefernknochen steckende Wurzel unterschieden. Ein derart gebildeter Zahn schließt nach gewisser Zeit sein Wachstum ab. Im Gegensatz hierzu zeigen die Schneidezähne aller Nager, die Backenzähne der Arvicoliden und Pferde, die Hauer des Ebers, Stoßzähne des Elefanten u. a. ein unbegrenztes Wachstum, da sie entsprechend der Abnutzung am oberen Ende von unten stets nachwachsen, ihre Pulpahöhle ist weit offen und der Zahn deshalb wurzellos.

Der Schmelzüberzug überzieht den Zahn gleichmäßig, oder bedeckt ihn einseitig (Nagezähne) oder durchsetzt faltenartig das Dentin (schmelzfaltige Zähne der Wiederkäuer und Nager, Fig. 349). Das Gebiß anderer Wirbeltiere (Fische, Krokodile) besteht aus wesentlich gleichartigen, nur zum Packen und Halten der Beute dienenden Zähnen (homodont); bei den Säugern dagegen weist es verschiedenartig geformte Zähne auf (heterodontes Gebiß, Fig. 336). Meißelähnlich gestaltet sind die im Zwischenkiefer sitzenden Schneidezähne (Dentes incisivi), sie dienen zum Abbeißen der Nahrung; kegelförmige Eckzähne (D. canini) werden zum Packen der Beute oder als Waffen benutzt, während Backzähne (Molaren) durch breite, höckerige bis wulstige Kronen zum Zermahlen der Bissen geeignet sind; man unterscheidet letztere als vordere Lückzähne (D. praemolares) und hintere Mahlzähne (D. postmolares). Auch der Eckzahn ist nur als ein besonders ausgebildeter Prämolar zu betrachten. Diesen Zähnen der oberen Gebißreihe stehen entsprechende Zähne, die sämtlich im Unterkiefer sitzen, gegenüber. Bei sehr verschiedener Ausbildung der Backzähne eines Gebisses, wie bei den Raubtieren, wird ein besonders hoher scharfhöckeriger Backzahn als Reißzahn bezeichnet. Das Gebiß ist vollständig, wenn es alle Zahngattungen (Insektivoren, Carnivoren) enthält, oder unvollständig, wenn gewisse Zahngruppen fehlen, oder einzelne Zähne derselben nicht auftreten (Nagetier, Paarzeher).

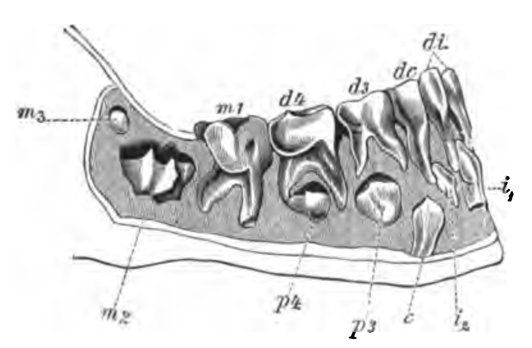


Fig. 337. Milchzähne und nachwachsende bleibende Zähne eines 6½ Jahre alten Kindes. di Milch-Schneidezähne. dc Milch-Eckzahn, $d_3$ erster, $d_4$ zweiter Milchbackzahn, $i_1$ mittlerer, $i_2$ äußerer bleibender Schneidezahn, c bleibender Eckzahn, $p_3$ erster, $p_4$ zweiter bleibender Lückzahn, $m_1$ erster, $m_2$ zweiter, $m_3$ dritter bleibender Mahlzahn (aus Hayek).

Im Gegensatze zu dem andauernden Zahnersatz bei polyphyodonten Anamniern und Reptilien werden bei den diphyodonten Säugetieren die Zähne nur einmal gewechselt, die zwei aufeinander folgenden Zahngenerationen werden als Milch- und Ersatzgebiß bezeichnet. Das Dauergebiß ist kräftiger und vollständiger als das Milchgebiß, die Postmolaren fehlen dem letzteren. Das Milchgebiß kann auch schon während der Embryonalentwicklung ganz oder teilweise verschwinden, so daß nach der Geburt kein oder nur ein geringer Zahnwechsel mehr stattfindet (Igel und Robben). Beuteltiere behalten ihr Milchgebiß während des ganzen Lebens, sie wechseln nur den vierten Prämolaren. Das homodonte Gebiß der Zahnwale und der meisten Edentaten ist monophyodont. Da die Anzahl der Zähne und ihre Verteilung auf Unter- und Oberkiefer wichtige systematische Kennzeichen liefert, stellt man sie in Zahnformeln übersichtlich zusammen. Hierin bedeuten die Ziffern über dem Strich die Zahl der Schneide-, Eck-, Back- und Mahlzähne in einer Oberkieferhälfte von vorn nach hinten fortschreitend, die Ziffern

unter ihm die entsprechenden Zahlen des Unterkiefers, so daß die verdoppelte Summe aus beiden Reihen die Zähnezahl des ganzen Gebisses angibt. Z. B. ist die Zahnformel für

$$\text{Hund}\ \frac{3.1.4.2}{3.1.4.3} = 42,\ \text{Schermaus}\ \frac{1.0.0.3}{1.0.0.3} = 16,\ \text{Reh}\ \frac{0.0.3.3}{4.0.3.3} = 32.$$

Bei manchen Säugetieren ist die Bezahnung nach dem Geschlechte verschieden, da die Eckzähne entweder dem ♀ fehlen (Pferd) oder doch schwächer ausgebildet sind (Wildsau) als beim ♂.

Die sehr bewegliche muskulöse oft große Zunge wirft die Speisen im Mund umher, vollführt die Schluckbewegung und wird häufig auch Greiforgan (Wiederkäuer). Die hinteren Hörner des Zungenbeins halten den Kehlkopf (Fig. 339). Sehr leistungsfähig sind die in drei Paaren angelegten, nur den Zahnwalen fehlenden, Speicheldrüsen (Fig. 338). An den quergestellten, einheitlichen oder mehrfach geteilten

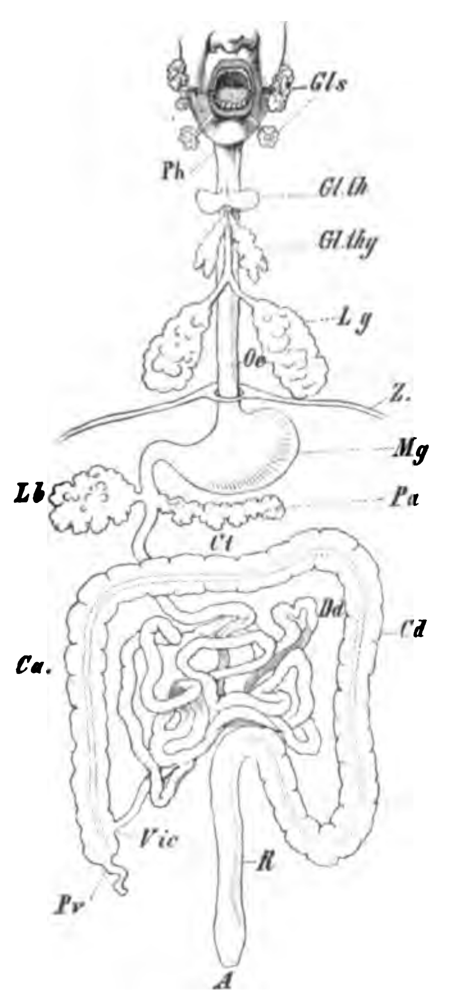



Fig. 338. Darmkanal des Menschen, schematisch. A After, Ca aufsteigender Dickdarm, Cd absteigender Dickdarm, Ct querer Dickdarm, Dd Dünndarm, Gls Speicheldrüsen, Gl.th Schilddrüse, Gl.thy Thymusdrüse, Lb Leber, Lg Lunge, Mg Magen, Oe Speiseröhre, Pa Bauchspeicheldrüse, Ph Schlund, Pv wurmförmiger Fortsatz des Blinddarms, R Mastdarm, Vic Sphinkter (zwischen Dick- und Dünndarm, Z Zwerchfell (aus Wiedersheim).

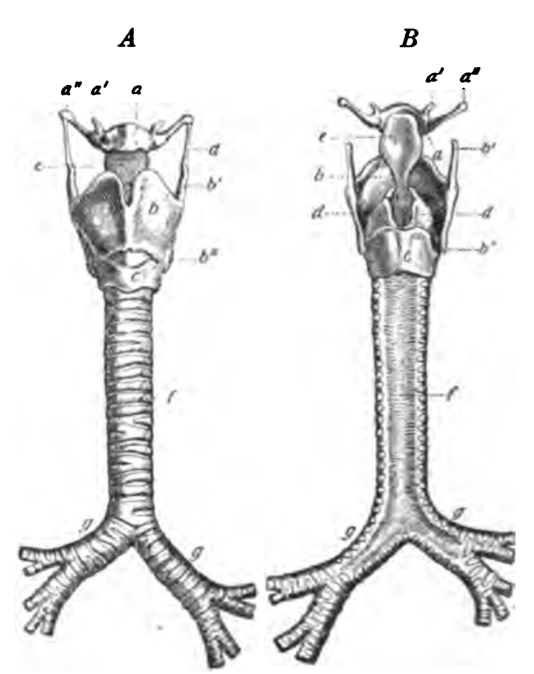



Fig. 339. Zungenbein, Kehlkopf, Luftröhre und Bronchien des Menschen, A von vorn, B von hinten. a Körper, a' und a" Hörner des Zungenbeins, b Schildknorpel, b' und b" Hörner desselben, c Ringknorpel, d (in A) bindegewebiger Verbindungsstrang zwischen den Hörnern des Zungenbeins und Schildknorpels, d (in B) Gießbeckenknorpel, e Kehldeckel, f Luftröhre, g Bronchien; in der Wand der Luftröhre und Bronchien die Knorpelspangen (aus Leunis).

Magen schließt sich der namentlich bei Pflanzenfressern sehr lange Dünndarm. Am Anfang des Dickdarmes sitzt ein Blinddarm mit anhängendem Wurmfortsatz. Bisweilen (Hirsche) fehlt die Gallenblase. Der weite Mastdarm mündet nur bei den

Monotremen in eine Kloake, sonst mit einem After dorsal von der Urogenitalöffnung. Ueber die Stimmritze legt sich als Schutz gegen das Eindringen von Speise und anderen Fremdkörpern der bewegliche Stimmdeckel (Epiglottis); der mit Stimmlippen versehene Kehlkopf — am Beginne der gradegestreckten Luftröhre — wird von mehreren Knorpelstücken und Muskeln gebildet (Fig. 339). Zum Füllen und Entleeren der frei in der Brusthöhle aufgehängten Lungen dient einerseits die Beweglichkeit der Rippen, andrerseits das Zwerchfell (Diaphragma).

In dem vollständig geteilten Herzen besteht der Klappenverschluß zwischen rechtem Vorhof und rechter Kammer aus drei Zipfeln im Gegensatz zu den Vögeln, wo die Segelklappe nur einzipflig ist; die Enden der Zipfel sind durch sehnige Stränge an die Herzwand geheftet. Umgekehrt ist die linke Atrioventricularklappe bei den Vögeln und Monotremen drei-, bei den übrigen Säugetieren zweizipflig. Als Aorta descendens bleibt — umgekehrt wie bei den Vögeln — der linke ursprüngliche Aortenbogen übrig. Blutzellen erzeugende Drüsen sind wahrscheinlich in der Rachenhöhle gelegenen Mandeln (Tonsillae), ferner die Schilddrüse und die Milz, wogegen die Thymusdrüse nur im Embryonalleben und in der Jugend deutlich ist. Hauptbildungsstätte der roten Blutkörper ist das Knochenmark. Den Nieren (Fig. 340) kommt meistens eine geschlossen bohnenförmige, bisweilen (Seehunde, Otter, Bären) eine in Lappen zerfallene Gestalt zu; der Harn sammelt sich aus den Harnkanälchen im Nierenbecken, einem Hohlraum an der eingebuchteten Seite der Niere, um dort von erweiterten Anfangsästen (Kelchen) des Harnleiters aufgenommen zu werden. Als Sammelbehältnis für den stets wässerigen Harn dient eine Harnblase, die bei den Kloaken- und Beuteltieren aus der erhalten gebliebenen Allantois besteht, bei den placentalen Säugern aber eine Ausstülpung der ursprünglichen Kloakenwand ist. Zur Ausführung des Harns verlängert sich die Blase in eine Harnröhre (Urethra), die bei den ♂ mit dem Ductus ejaculatorius in enge Verbindung tritt (Fig. 342).

Das Gehirn (Fig. 271, 4) zeigt die höchste Ausbreitung der Hemisphären, die sogar das Kleinhirn überdecken können und bei allen Formen von entwickeltem Seelenvermögen reiche Oberflächen-Windungen aufweisen. Das Rückenmark endigt gewöhnlich schon in der Kreuzbeingegend mit einer ausgebreiteten Auflösung in einzelne Nerven, der sog. Cauda equina.

Die mehrfache Faltung des Siebbeins und die damit verbundene Kammerung der Nasenhöhle bedingen eine bedeutende Flächenentwicklung der Geruchsorgane und damit ein gesteigertes bei vielen Säugern hochentwickeltes (Hund) Geruchsvermögen. Hohlräume im Stirn-, Keil- und Oberkieferbein stehen mit der Nasenhöhle in Verbindung, ihre Choanen münden getrennt in die Rachenhöhle; die äußeren Nasenöffnungen liegen bisweilen auf einem durch Knorpelwände gestützten Rüssel, der zum Tasten, Wühlen oder gar Ergreifen von Nahrung dient. Im Mittelohr (Fig. 36) sind die schon erwähnten Gehörknöchelchen als schalleitende Glieder eingefügt, indem die Platte des Steigbügels das ovale Fenster bedeckt, der Hammer sich ans Trommelfell legt. Vor dem Trommelfell liegen im äußeren Gehörgang zahlreiche Talgdrüsen, welche das bitterschmeckende Ohrenschmalz zum Schutze gegen tierische Eindringlinge absondern. Große knorplige vielfach sehr bewegliche Ohrmuscheln dienen zum Auffangen von Schallwellen; bei den Wasser- und Erdbewohnern sind sie klein und vielfach verschließbar. Tastorgane sind als Kolbenkörperchen über die ganze Haut verteilt, an den Finger- und Zehenspitzen, den Lippen, dem Rüssel und der Zunge gehäuft; letztere ist auch Sitz der bei den Säugern am meisten gesteigerten Geschmacksempfindung

Das Auge (Fig. 341) hat Kugelform (Augapfel) und liegt in der knöchernen Augenhöhle (Orbita), deren Rand vom Stirn-, Joch- und Oberkieferbein dargestellt wird. Außer den beiden Lidern ist eine, freilich kurze und unbewegliche Nickhaut vorhanden, der Muskelapparat, der die Bewegung beider Augäpfel regelt, ist sehr ausgebildet; er besteht aus je vier graden und zwei schiefen Muskeln, von denen der innere schiefe durch eine Sehnenscheide geführt ist. Bei unterirdisch lebenden Säugern werden die Augen ganz klein und funktionslos, auch sind sie wohl von der Haut überzogen (Blindmoll).

Geschlechtsorgane. Die langen Ausführungsgänge der Hoden (Fig. 342) sind zunächst in einem ansehnlichen Nebenhoden aufgewunden und führen unter Bildung seitlicher Erweiterungen in die Harnröhre, wo sich neben ihrer Einmündungsstelle die Oeffnungen der Vorsteherdrüse (Prostata) befinden, deren Sekret sich dem Sperma beimischt. Hier liegen auch die Cowperschen Drüsen. Der aus der Bauchhöhle heraustretende Endabschnitt der Urethra bildet als Urogenitalkanal eine schwellbare Rute, deren Spitze gewöhnlich zu der nervenreichen, öfters auch mit Papillen und Hornstacheln ausgestatteten Eichel ausgestaltet und von einer Verdoppelung der äußeren Haut, der Vorhaut (Praeputium), umschlossen ist; die Rute der Raubtiere, Nager, Walrosse wird von einem besonderen Penisknochen gestützt. Nur bei wenigen Säugern, nämlich den Kloakentieren, Elefanten, Zahnarmen, liegen die Hoden in der Bauchhöhle neben den Nieren, bei den übrigen aber sind sie durch den Leistenkanal nach unten aus der Bauchhöhle getreten und in eine zweikammerige Hautfalte, den Hodensack (Scrotum), aufgenommen. Bei den Nagern treten sie nur zur Fortpflanzungszeit aus der Bauchhöhle in den Hodensack.

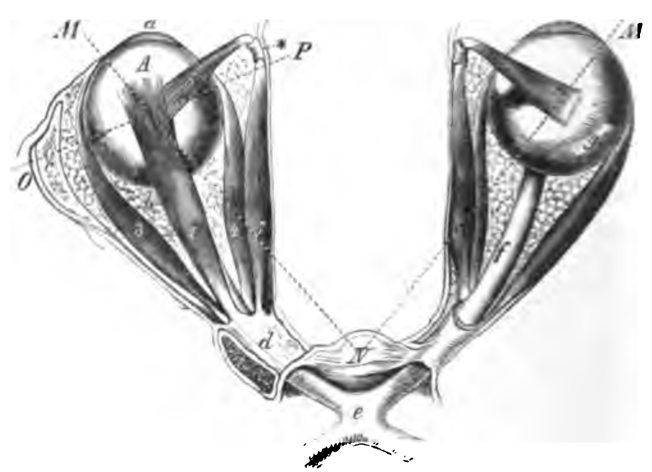



Fig. 341. Augäpfel des Menschen nebst Sehnerven und Bewegungsmuskeln. M N, O P zwei Drehungsachsen des Auges. A Augapfel, a Hornhaut, b Fettpolster der Augenhöhle, c Stirnbein, d Keilbein mit Sehnervendurchgang, e Chiasma nervorum opticorum, g Anheftungsstelle des kleinen schiefen Augenmuskels, 1 oberer gerader Augenmuskel (rechts weggelassen), dreht mit dem verdeckten 2. unteren das Auge um die Achse O—P, 3 und 4 äußerer und innerer grader Augenmuskel, die das Auge um seine senkrechte, durch den Schnittpunkt von M N und O P gehende Achse drehen. * Sehnenscheide für 5, 5 großer schiefer Muskel, der mit dem kleinen das Auge um die wagerechte Achse M N dreht (aus Wossidlo).

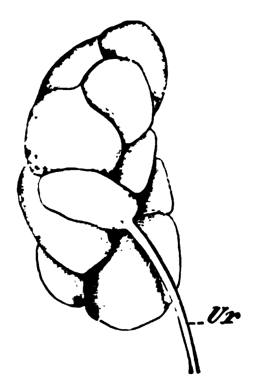



Fig. 340. Rechte Niere vom Reh. Ur Harnleiter (aus Wiedersheim).

Die Leitungswege der weiblichen Genitalien münden bei den Monotremen in einen gemeinsamen Endschlauch (Urogenitalsinus) ein, dessen Ende mit dem After und der Harnröhre eine Kloake bildet. Eileiter, Uterus und Scheide der Beuteltiere sind doppelt. Bei allen anderen Säugetieren ist die Scheide einfach. Ihr Uterus stellt entweder eine bloße Fortsetzung der Eileiter dar und ist demnach ebenfalls

doppelt (Nager), oder er ist nur oben zweiteilig, unten aber einfach (zweihörniger Uterus der Huftiere, Raubtiere und Insektenfresser), oder überhaupt einheitlich mit einfacher Höhle bei den Vierhändern. Dem Penis entspricht beim ♀ die Clitoris, ein kleines Organ, das bei Nagern, Maulwürfen und Halbaffen von der Harnröhre durchlaufen wird.

♂ und ♀ sind außer an den Geschlechtsteilen in manchen Fällen nicht zu unterscheiden (Pferd, Nager), in den meisten Fällen aber treten sekundäre Geschlechtscharakteren hervor (Kopfform, Mähnenbildung, Geweihe, Hörner, Färbung, Stimme). Die Paarung ist vielfach mit einer Brunft verbunden, die sich in unruhigem Gebaren, Kämpfen der ♂ mit Nebenbuhlern, Absonderung gewisser Hautdrüsen, Brunftgeschrei äußert. Von den aplacentalen Kloakentieren werden große Eier abgelegt und bis zum Auskommen der Jungen bebrütet; die ebenfalls aplacentalen Beuteltiere gebären unvollkommen entwickelte Embryonen. Die sehr kleinen Eier der übrigen, placentalen Säuger durchlaufen ihre Entwicklung im Uterus; ihre Jungen werden lebendig geboren. Der Embryo (Fötus) der placentalen Säugetiere bleibt mit der Uterusschleimhaut in ernährender Verbindung, indem sich von der Serosa aus blutgefäßhaltige Fortsätze, Chorionzotten, in die Uterusschleimhaut versenken. Da auch Ausstülpungen der Allantois in diese Zotten eindringen, bilden die Allantois, die alsdann Chorion genannte Serosa und der in Frage kommende Bezirk der Uteruswand ein besonderes Ernährungsorgan der Frucht (Fig. 343), den Mutter- oder Fruchtkuchen (Placenta).

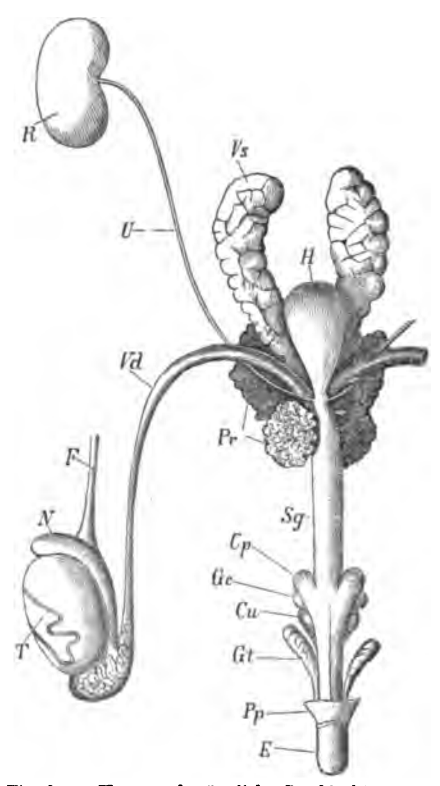



**Fig. 342. Harn- und männliche Geschlechtsorgane des Igels. R Niere, U Harnleiter, H Harnblase, T Hode, F Samenstrang, N Nebenhode, Vd Samenleiter, Vs Samenblasen, Pr Vorsteherdrüse, Sg Harnröhre, Gc Cowpersche Drüsen, Gt Tysonsche Drüsen, Cp Schwellkörper des Penis, Cu Schwellkörper der Harnröhre, E Eichel, Pp Vorhaut (nach Gegenbaur aus Claus-Grobben).**

Je nach der Verteilung der Zotten über die Oberfläche der Eihüllen unterscheidet man die Anordnung der Zotten als zerstreut (Placenta diffusa), büschelförmig (mit „Cotyledonen"-Bildung), scheibenförmig und gürtelförmig. Diese Verbindung der Embryonalhüllen mit der Uteruswand ist mehr oder minder fest, so daß bei der Geburt entweder die Chorionzotten ohne Verletzung der Uteruswände und ohne Blutung sich lösen (Indeciduata), oder daß die Zotten der Embryonalplacenta von den stark wuchernden Teilen der Uteruswand umschlossen werden (mütterliche Placenta), welche beide vereint nach dem Austritt des Embryos unter Blutungen als Nachgeburt ausgestoßen werden (Deciduata). Stets werden die Jungen von der Mutter durch die Milch, das eiweiß- und fettreiche Sekret von Milchdrüsen, an einem oder mehreren Paaren bauch- oder brustständiger Zitzen ernährt. Weitere Brutpflege betätigen alle Säugetiere durch Bewachen, Führen, Anleiten der Jungen.

§ 122. 1. Unterklasse. Monotremata. Kloakentiere. Aplacentale Säugetiere. Coracoid stark entwickelt; Schambein mit Beutelknochen; Uterus und Scheide

paarig, nebst den Harnleitern in eine Kloake mündend; Kiefer zahnlos; Milchdrüsen, aus Schweißdrüsen entstanden, münden ohne Zitzenbildung auf einem umwallten Hautfeld; sie legen große weichschalige Eier. Australien. — ***Ornithorhynchus anatinus*** Shaw. Schnabeltier. Kiefer breit mit Hornüberzug. Bebrütet 2 Eier in einem Nest. — ***Tachyglossus aculeatus*** Shaw. Ameisenigel. Schnauze röhrenförmig verlängert, Zunge wurmförmig. Trägt ein Ei im Brutbeutel.

2. Unterklasse. D i t r e m a t a. Lebendiggebärende. Ohne Kloake; Coracoid verkümmert; Milchdrüsen aus Talgdrüsen entstanden; mit Zitzen; lebendig gebärend.

§ 123. 1. Legion. *M a r s u p i a l i a.* Beuteltiere. Nichtplacentale Säuger mit zwei besonderen Beutelknochen am Becken; Weibchen mit einem von diesen gestützten, die Zitzen umfassenden Hautbeutel am Unterleibe, in dem die auf sehr unvollkommener Stufe geborenen Jungen an den Zitzen hängend längere Zeit getragen werden, oder ohne Beutel; in diesem Falle tragen sie die Jungen auf dem Rücken. — ***Macropus giganteus*** Zimm. Riesenkänguruh. Pflanzenfresser, Australien. Seit 1889 in Deutschland mehrfach versuchsweise als Jagdtier eingeführt.

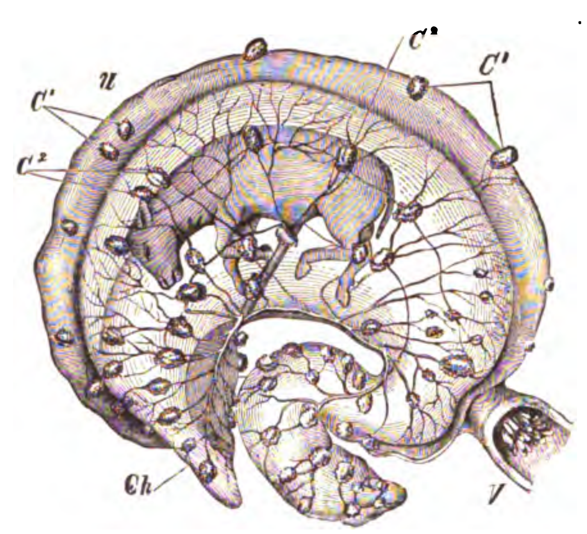



Fig. 343. Uterus einer Kuh, in der Mitte der Trächtigkeitsperiode geöffnet (stark verkleinert). V Vagina, U Uterus, Ch Allantoichorion, $C^1$ Cotyledonen des Uterus, $C^2$ fötale Cotyledonen (aus Ellenberger).

2. Legion. *P l a c e n t a l i a.* Ohne Beutelknochen, mit unpaarer Scheide und ausgedehntem Zahnwechsel; Fötus mit der Mutter durch eine Placenta verbunden.

§ 124. 1. Ordn. I n s e c t i v o r a. Insektenfresser. Gebiß vollständig, mit kleinen Eck- und scharfspitzigen Backzähnen; Sohlengänger mit fünfzehigen bekrallten Füßen.

Kleine Säugetiere mit gestrecktem, oft des Jochbeins entbehrendem Schädel; Eckzähne nicht bei allen Arten von typischer Gestalt, Schneidezähne zahlreich (Fig. 344). Der Zahnwechsel tritt meist gleich nach der Geburt ein. In der Regel sind Schien- und Wadenbein unterwärts verwachsen. Gliedmaßen kurz, die Augen klein, die Nase ist rüsselartig gestreckt. Bei Nacht munter, leben von kleinen Tieren.

Fam. *T a l p i d a e.* Maulwürfe. Körper gedrungen, walzig, Hals kurz, äußerlich nicht erkennbar; Schwanz klein. Schädel mit Jochbogen; Schambeine ohne Symphyse; Brustbein mit niedrigem Kamm. Beine kurz, die vorderen seitwärts stehend bilden breite schaufelförmige Grabfüße mit fleischfarbener nach außen gekehrter Sohle; Schnauze rüsselartig verlängert; der kleine spitzrüsselige Kopf mit sehr kleinen oder verkümmerten Augen; Ohrmuscheln fehlen. Pelz kurz und samtartig. Leben unterirdisch in selbstgegrabenen Röhren von Regenwürmern und Larven. — *Talpa europaea* L. Maulwurf. Seine Wühlarbeit bewirkt Bodenlockerung, Durchlüftung und rasches Eindringen des Wassers. Nahrung: bodenbewohnende Insekten, Würmer, die für den Winter in Vorräten gespeichert werden.

Fam. *S o r i c i d a e.* Spitzmäuse. Kopf lang mit rüsselförmiger, sehr beweglicher

Schnauze, kleinen aber deutlichen Augen und Ohren; Beine schlank aber kurz, fünfzehig; Schwanz ziemlich lang. An den Weichen oder an der Schwanzwurzel Drüsen, mit einem nach Moschus riechenden Sekret. Ohne Jochbogen und Schambeinsymphyse. Nur zwei Schneidezähne in jedem Kiefer, die oberen hakenförmig gekrümmt, die unteren gerade und fast wagrecht stehend. Nächtliche, sehr lebhafte Tiere, die in Erdlöchern hausen und auf Insekten, Würmer und kleine Wirbeltiere jagen. — *Sorex vulgaris* L. Waldspitzmaus (Fig. 345). — *Crossopus fodicus* Pall.,

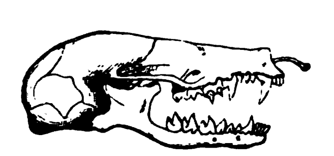


**Fig. 344. Schädel von Talpa europaea (aus Blasius).**



**Fig. 345. Sorex vulgaris (aus Wossidlo).**

Wasserspitzmaus. Schwimmt und taucht geschickt, frißt Wassertiere, Fischeier und Jungbrut von Fischen.

Fam. *Erinaceidae*. Igel. Körper gedrungen mit kurzen, fünfzehigen Beinen. Oberseits mit Stacheln, sonst mit Borsten bekleidet; ein mächtig entwickelter Hautmuskel ermöglicht das Zusammenrollen zu einer Stachelkugel. Jochbogen vollständig, Gebiß stumpfzähnig — *Erinaceus europaeus* L. Gemeiner Igel. Lebensweise nächtlich; frißt Wirbellose, kleine Wirbeltiere, auch Früchte (Bucheln); langer Winterschlaf in einer ausgefütterten Erdgrube.

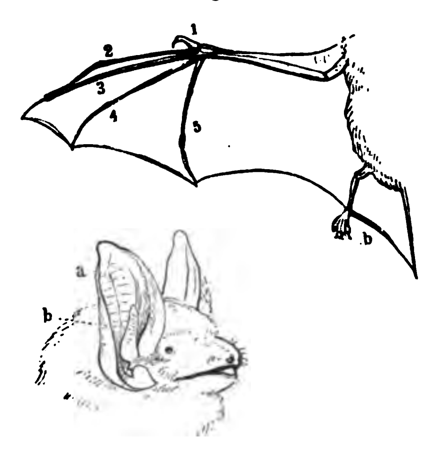



**Fig. 346. Vespertilio murinus. A Flughaut. 1—5 die fünf Finger der Hand, b der Sporn. B Kopf. a die inneren Querfalten des Ohres, b der Tragus (aus Leunis).**

§ 125. 2. Ordn. Chiroptera. Flattertiere, Handflügler. Mit vollständigem Gebiß und einer sich zwischen den Rumpfseiten, den Beinen, dem 2.—5. Finger und dem Schwanze ausdehnenden Flughaut.

Der Besitz einer größtenteils nackten Flughaut, die sich zwischen dem Schwanz, den Hinterbeinen bis zu den Mittelfußknochen und dem 2. bis 5. sehr verlängerten Finger der Vorderextremität ausspannt, ermöglicht den Fledermäusen einen flatternden Flug; nur der freie Daumen und die fünf Hinterzehen tragen Krallen; vom Fersenbein her zieht sich meistens ein knöcherner Fortsatz, der Sporn, am Rande der Flughaut (Fig. 346) hin. Die Augen sind klein, die Ohrmuscheln oft sehr groß und nackthäutig, häufig mit einem in der Ohrmuschel frei aufsteigenden Hautlappen: Tragus; häutige Nasenaufsätze sind manchen Arten (Hufeisennasen) eigen. Brustbein mit Kamm; die Schlüsselbeine sind lang, der Oberarm ist kurz und kräftig; alle Backzähne mit scharfen Spitzen und zwar die Lückzähne mit einer, die Mahlzähne mit fünf Spitzen; die Eckzähne sind große Fangzähne. Die beiden Zitzen sind bruständig. Alle Fledermäuse sind Nacht- und Dämmerungstiere, die bei Tage an Bäumen, in Höhlen und Mauerspalten kopfüber mit den Hinterfüßen an-

gehängt schlafen. Die Fledermäuse der gemäßigten Zone halten einen Winterschlaf. Ihre Nahrung besteht aus Insekten, die sie umherfliegend fangen. Die Hufeisennasen und Vampyre saugen Blut, die fliegenden Hunde verzehren Früchte. Das einzige Junge wird auch beim Fluge mitumhergetragen. — *Vespertilio murinus* Schreb. Gemeine Fledermaus, Speckmaus. — *Vesperugo pipistrellus* Schreb. Frühfliegende Zwergfledermaus, häufig.

§ 126. 3. Ordn. Rodentia. Nagetiere. Sohlengänger mit vorn fünf, hinten meist vier Krallen tragenden Zehen; große Lücke zwischen den wenigen Schneide- und Backzähnen.

Kleine bis mittelgroße, schlanke oder plumpe Tiere; Hinterkörper oft stärker als der Vorderkörper, wodurch die Fähigkeit, aufrecht zu sitzen, bedingt wird. Wenn die hintere Extremität die vordere an Länge und Stärke übertrifft, dann ist die Bewegung mehr springend und hüpfend als laufend. Eckzähne fehlen; oben sind meist zwei, höchstens vier, unten nur zwei Schneidezähne (Fig. 348) vorhanden, welche in tiefen Alveolen steckend als wurzellose Zähne ständig nachwachsen; sie sind meist nur vorn, selten, wie bei den Hasen, ringsum mit Schmelz bekleidet, an der Spitze infolge steter Benutzung scharf meißelförmig. Die Backzähne sind von jenen durch eine weite Lücke getrennt, entweder bewurzelt, mit höckriger schmelzüberzogener Kaufläche der Krone, oder wurzellos, mit senkrechten mehr oder weniger tief eingebuchteten Schmelzröhren, wobei die äußeren Rinnen durch Zement ausgefüllt sind oder nicht. Auf der Kaufläche wird der Zahn und mit ihm die senkrecht stehenden Schmelzröhren abgenutzt, so daß die Schmelzschlingen von regelmäßigem, oft sehr charakteristischem Verlaufe und innerhalb derselben das Zahnbein sichtbar werden (Fig. 349). Bewurzelte Molaren kommen den omnivoren Nagern zu, die sich von weicheren vegetabilischen Stoffen und tierischen Körpern nähren, die wurzellosen hingegen sind hauptsächlich denjenigen Arten eigen, die harte Samen und Rinde verzehren. Der Unterkiefer kann, weil der Gelenkhöcker desselben längsgestellt ist (Fig. 348), nicht nur abwärts, sondern auch vorwärts bewegt werden, so daß er sich beim Beißen und Nagen mit den Schneidezähnen um die Querachse bewegt, beim Kauen aber in der Längsrichtung nach vorn und hinten geschoben wird, sodaß sich die oberen und unteren Schneidezähne nicht berühren, und nur die Molaren mit ihren quergestellten Höckern und Falten unter geringen Verschiebungen nach vor- und rückwärts die Kauarbeit verrichten. Meistens sind drei Molaren vorhanden, während die Prämolaren öfters fehlen, also der Zahnwechsel überhaupt ausfällt. Bei manchen Arten, z. B. dem Hamster, ist die Mundschleimhaut nach innen zu dehnbaren (inneren) Backentaschen eingestülpt, bei anderen werden äußere Backentaschen durch Einsenkung der Wangenhaut in das Maul gebildet. Der Uterus ist doppelt; zahlreiche (sechs und mehr Paar) Zitzen sind an Bauch und Brust vorhanden; dementsprechend ist die Zahl der Jungen groß, auch können jährlich mehrere Würfe stattfinden. Als Wohnungen werden vielfach Erdhöhlen mit verschiedenen Zugängen ausgegraben (Hamster, Ziesel) oder



Fig. 347. Schädel von Vespertilio 4 mal vergrößert (aus Blasius).



Fig. 348. Unterkiefer des Bibers, 1/3, schief von hinten, um die schräg abgenutzten unteren Schneidezähne zu zeigen (aus Leunis).

kunstvolle Nester gebaut (Eichhorn, Zwergmaus). Die Nagetiere nähren sich von Pflanzenkost, manche nehmen gerne Kerbtiere, andere fallen auch Wirbeltiere an (Ratten), manche sammeln Wintervorräte (Hamster) oder verfallen in einen tiefen Winterschlaf (Schläfer).

Fam. *Leporidae*, Hasen. Nagezähne vorn mit Längsrinne, so daß die schneidende Kante zwei stumpfe Spitzen trägt; oben hinter den beiden großen noch

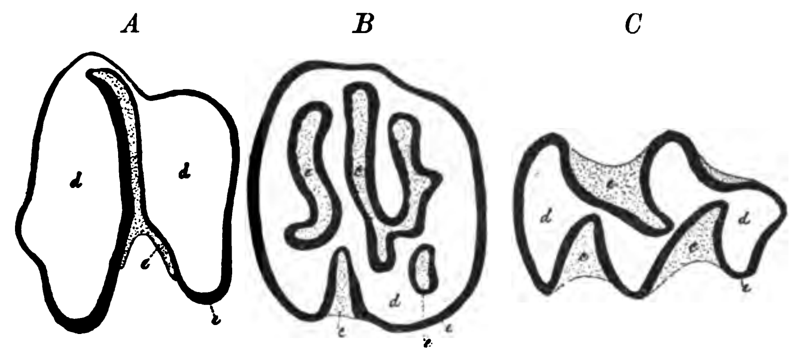
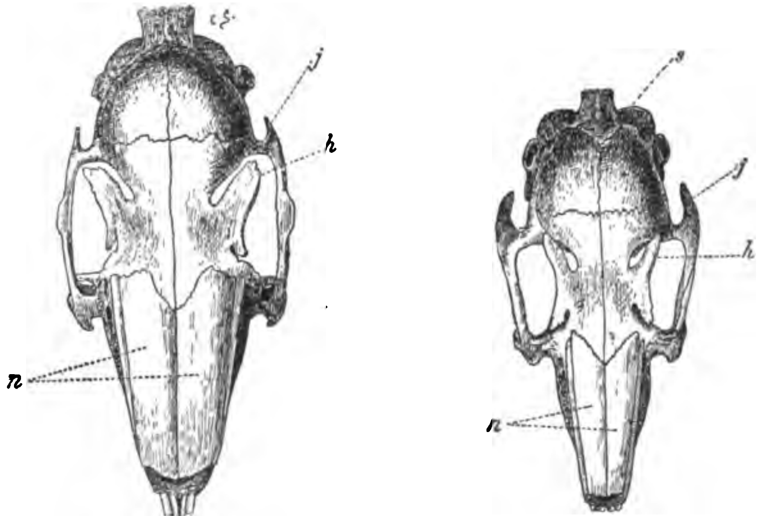



Fig. 349. Querschnitte von Backenzähnen verschiedener Nager (ungefähr der Kaufläche parallel). A Hase, B Biber, C Wühlmaus. c Cement, d Dentin, e Schmelz (nach Owen aus Boas).

ein Paar kleine, stiftähnliche (Fig. 351) Schneidezähne; Backzähne wurzellos, mit tiefen Seitenfalten (Fig. 349 A). Gebiß: $\frac{1+1 \,.\, 0 \,.\, 3 \,.\, 3}{1 \quad .\, 0 \,.\, 2 \,.\, 3}$. Rumpf seitlich zusammengedrückt, Schwanz ganz kurz oder fehlend, Lippen dick gespalten und sehr beweglich,



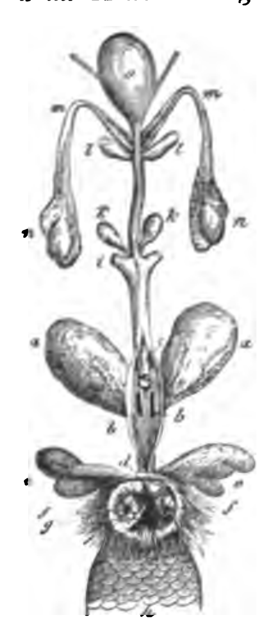

Schädel des Hasen. Fig. 350. Schädel des Kaninchen.
n Nasenbein, h Supraorbitalfortsatz, j Jochbeinfortsatz.

Ohren lang, Hinterbeine verlängert. Pflanzenfresser. — *Lepus europaeus* Pall., (*timidus* Schreb.) Feldhase. Ohren länger als der Kopf, ragen nach vorn über die Schnauzenspitze hinaus, Ohrspitze schwarz, Schwanz oben schwarz, unten weiß, Färbung des Balges wechselnd nach Aufenthaltsort und Jahreszeit, Haar entweder mehr grau und weißlich oder braun und rostfarben, an der Unterseite weiß. Länge etwa 64 cm. Paarungszeit dauert von Ende Winter bis zum Spätsommer; Tragzeit ein Monat. Das Weibchen setzt 4—5mal 2—5 Junge. Der Hase scharrt sich ein Lager. — *Lepus timidus* L. (*variabilis* Pall.). Schneehase. Ohren kürzer als der Kopf,

ragen nach vorn angedrückt nicht bis zur Schnauze. Ohrspitze schwarz. Schwanz einfarbig weiß, oben höchstens mit wenigen graubraunen Haaren gemischt. Sommerbalg bräunlichgrau, Winterbalg weiß, Länge 55 cm. Alpen, Nordeuropa, in Nordostdeutschland selten. — *Cuniculus cuniculus* L. Kaninchen. Ohren kürzer als der Kopf, ragen nach vorn angedrückt nicht bis zur Schnauzenspitze; Ohrspitze braungrau. Schwanz oben schwarz, unten weiß. Pelz gelbgrau mit schwarz gemischt, unten weißlich. Oberhals und Nacken rostbraun. Gräbt Baue im lockeren Boden. Das Weibchen wirft jährlich 4—8 mal 3—8 Junge in besonders angelegten kurzen Röhren. Vielfach zumal in Australien Landplage.


Fig. 351. Obere Schneidezähne des Hasen, von unten gesehen (aus Leunis).

Fam. *Sciuridae*. Hörnchen. Kopf breit mit breiter flacher Stirn, schmalem Schnauzenteil und großen Augen; Stirnbein mit einem Fortsatze, wodurch ein hinterer Abschluß der Augenhöhle angedeutet ist; Backzähne bewurzelt, ihre Kaufläche mit stumpfen quergestellten Höckern; die oberen Prämolaren sehr kleine, nicht selten verlorengehend. Leben teils auf Bäumen, teils auf der Erde in selbstgegrabenen Bauten von Pflanzen. — *Sciurus vulgaris* L. Eichhörnchen. Vorderdaumen zu einer Warze verkümmert. Schwanz zweizeilig behaart. Ohren im Winter mit großen Haarbüscheln. Bauch weiß, Augen schwarz, Rücken braunrot, oft mit grau gemischt, vielfach variierend. Zähne $\frac{1.0.5}{1.0.5}$. Länge 47 cm. Frißt Obst, Nüsse, Eicheln, Bucheln, Baumsämereien, nagt die Schuppen der Koniferenzapfen am Stiel beginnend ab, frißt Cotyledonen, Gallen von Chermes, nimmt Knospen, bricht, um diese zu erlangen, Triebe der Tanne und Fichte ab, schält Nadel- und Laubhölzer, frißt Eier und junge Vögel, benagt Pilze, Knochen, Geweihe.


Fig. 852. Urogenitalsystem des männlichen Bibers. o Harnblase mit Harnleitern, n Hoden, m Samenleiter, l Samenbläschen, k Cowpersche Drüsen, i Schwellkörper des Penis, c Eichel, a Bibergeilsäcke, b deren Mündung im aufgeschnittenen Vorhautkanal, d Mündung des letzteren, e Analdrüsen, f deren Mündung, g After, h Schwanzwurzel (nach Blanchard aus R. Hertwig).

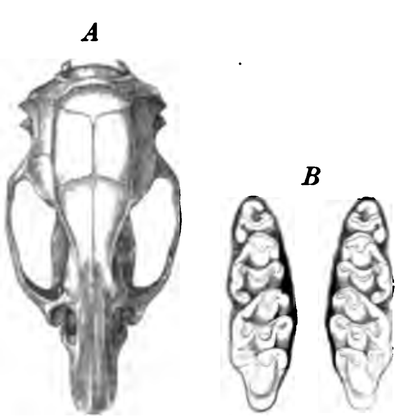


Fig. 853. Mus decumanus. A Schädel. B Backenzähne des Oberkiefers $^4/_1$ (aus Blasius).

Fam. *Arctomyidae*. *Arctomys marmota* L. Murmeltier. Lebt im Hochgebirge nahe der Schneegrenze. — *Spermophilus citillus* L. Ziesel. Bewohnt selbstgegrabene Höhlen. Schlesien.

Fam. *Castoridae*. Biber. Große Nager von plumpem Körperbau; Kopf dick und breit, Schnauze stumpf gerundet, Augen klein, Ohren kurz; Beine fünfzehig, Vorderzehen stark bekrallt, Hinterzehen durch Schwimmhäute verbunden mit stumpfen Nägeln; Schwanz breit, platt, langeiförmig, mit Schuppen bekleidet. Pelz mit sehr dichtem, seidigem Wollhaar und steifen, glänzenden Grannen. Backzähne wurzellos, aber unten fast geschlossen, mit tiefen Seitenfalten (Fig. 349 B).

Aeußere Geschlechtsunterschiede fehlen, da die Geschlechtsorgane mit dem Darm in eine Kloake münden. In den Vorhautraum münden zwei mächtige Präputialdrüsen, die Castorsäcke (Fig. 352), deren Absonderung früher als Bibergeil (Castoreum) arzneilich benutzt wurde. Die Biber tauchen und schwimmen vorzüglich, errichten sich an Flußufern Bauten aus Aesten und Schlamm und leben von Baumrinde, zu deren Erlangung sie mit ihren gewaltigen Nagezähnen selbst starke Stämme aller Holzarten umlegen. — *Castor fiber* L. Europäischer Biber. An Elbe und Saale. Naturdenkmal.

Fam. *Myoxidae.* Schläfer, Bilche. Kleine, baumbewohnende Arten. Kopf schmal, mit spitzer Schnauze; Schwanz von Körperlänge, dicht, zweizeilig oder am Ende buschig behaart. Backzähne mit Wurzeln. Verzehren Samen, süße Früchte, auch Rinde, kleine Tiere bei rein nächtlicher Lebensweise. Tiefer Winterschlaf. — *Myoxus glis* L. Siebenschläfer. — *Eliomys quercinus* L. Gartenschläfer. — *E. dryas* Schreb. Baumschläfer. — *Muscardinus avellanarius* L. Haselmaus.



Fig. 354. Mus silvaticus (nach Gemminger und Fahrer).



Fig. 355. Schädel von Microtus (aus Blasius).

Fam. *Muridae.* Mäuse. Schnauze mehr oder weniger spitz, Schwanz mit Schuppenringen oder dünner Behaarung bekleidet. Beine schlank mit schmalen, nacktsohligen Pfoten, vorn 4-, hinten 5zehig. Ohne Prämolaren, mit 2—3 Molaren. Die Muriden bewohnen Höhlen, sind nachts munter und nähren sich vorwiegend von Pflanzenteilen, aber auch von gemischter Kost. Sie verzehren auch ihresgleichen, deshalb ist die Anwendung von Bacillus typhi murium zur Erzeugung von Seuchen möglich.

1. Unterfam. *Cricetinae.* Mit Backentaschen. Schwanz sehr kurz. — *Cricetus cricetus* L. Hamster. Sammelt Vorräte, der Landwirtschaft schädlich. Pelz wertvoll.

2. Unterfam. *Murinae.* Echte Mäuse. Von schlankerem Körperbau; Kopf schmalstirnig und zugespitzt, die großen, stark vorstehenden Augen der Stirn genähert; Ohren lang und breit, meist unbehaart; Hinterbeine wesentlich länger als die vorderen; Schwanz ungefähr körperlang, mit Schuppenringen bedeckt und nackt, selten sparsam behaart. Schädel (Fig. 353 A) zartknochig, langgestreckt, der Kieferteil wenig vom Jochbogen abgesetzt. Untere Schneidezähne seitlich zusammengedrückt, verjüngen sich nach der schneidenden Kante. Drei Molaren mit mehreren echten Wurzeln, Krone mit stumpfen Höckern besetzt (Fig. 353 B). Die echten Mäuse klettern vielfach mit Hilfe ihres langen Schwanzes ausgezeichnet, bewegen sich zu ebener Erde mehr springend als laufend, sind omnivor und halten nur vereinzelt

Winterschlaf. — Ratten. Schwanz mit über 200 Schuppenringen. Gesamtlänge über 30 cm. — ***Mus rattus*** L. Hausratte. Vom 12. Jahrhundert ab in Europa; jetzt von der folgenden Art verdrängt. — ***Mus decumanus*** Pall. Wanderratte. Seit Anfang des 18. Jahrhunderts von Asien her in Europa eingewandert. Sehr schädlich. Omnivor, Träger von Trichinen, Pestbazillen. — ***Mus alexandrinus*** Geoffr. Aegyptische Ratte. Auch in Südeuropa; auf Schiffen mit der vorigen. — Mäuse. Schwanz mit höchstens 180 Schuppenringen. Gesamtlänge nicht über 23 cm. — ***Mus musculus*** L. Hausmaus. Einfarbig grau. — ***M. agrarius*** Pall. Brandmaus. Mit schwarzem Rückenstreif. — ***Mus silvaticus*** L. Waldmaus. Oben braungrau, unten weiß (Fig. 354). — ***M. minutus*** Pall. Zwergmaus.

3. Unterfam. *Arvicolinae.* [*Microtinae*]. Wühlmäuse. Bau gedrungen; Kopf breit mit abgestumpfter Nase, die Ohren treten wenig aus dem Pelze hervor, Augen klein; Beine, zumal die vorderen, kurz; Schwanz höchstens körperlang und ziemlich dicht behaart. Schädel (Fig. 355) kurz, im Umriß breit eiförmig, der schmale Kieferteil von den Jochbogen scharf abgesetzt. Untere Schneidezähne breit mit gestutzten Spitzen; die Backzähne sind wurzellos; die Schmelzröhren mit tiefen, wink-



**Fig. 356. Microtus arvalis (nach Gemminger und Fahrer).**

lig eingreifenden prismatischen Falten an der Innen- und Außenfläche, zwischen welchen sie als scharfe Längskanten hervortreten; die Buchten zwischen den Schmelzfalten können mit Zement ausgefüllt sein. Da die Kaufläche sich stark, aber gleichmäßig abschleift, bilden die Schmelzfalten auf jener winklige Schlingen, die außen und innen miteinander abwechseln, und zwischen denen das Zahnbein zum Vorschein kommt (Fig. 349 C). Bei der Gattung *Evotomys* Cou. (***Hypudaeus*** K. u. Bl.) sind die Molaren nur in der Jugend wurzellos, während später die Zahnbasis sich schließt und in zwei deutlich abgesetzte Wurzeln zerfällt. Alle Arvicolinen wühlen Gänge und Höhlen unter der Erde; sie nähren sich vorzugsweise von Wurzeln, Samen, Rinde, Gräsern, Kräutern, fressen gerne Insekten. — ***Evotomys hercynicus*** Mehl. (= ***Arvicola glareolus*** Schreb.). Rötelmaus. Oberseite braunrot, Unterseite weiß. Schwanz von halber Körperlänge. Klettert hoch. Schält Rinde. — ***Microtus*** (***Arvicola***) ***amphibius*** L. Mollmaus, Wasserratte. Oben dunkel braunschwarz bis braungrau; eine oberseits hellrostgraue, Gebirgsgegenden bewohnende Varietät wird als Schermaus *A. terrestris* L., unterschieden. Benagt Laubhölzer, Obst- und Waldbäume unter der Erdoberfläche stark, schält auch die Rinde. — ***Paludicola*** (***Arvicola***) ***ratticeps*** Keys. u. Bl. Nordische Wühlratte. Schwanz oben schwarz, unten scharf ab-

gesetzt weiß. Skandinavien, Rußland, Ostseeprovinzen, vereinzelt in Brandenburg an sumpfigen Stellen. — *Microtus* (*Arvicola*) *arvalis* Pall. Gemeine Feldmaus. Oben gelblichgrau, unten schmutzig weiß. Schwanz dunkel mit eingestreuten weißen Haaren. In Feld und Wald gemein, schädlich, zumal bei Massenvermehrung. — *M.* (*Arvicola*) *agrestis* Blas., Erdmaus. Oben graubraun mit einem Stich ins Schwarze, unten weißlich. Schwanz oben gleichmäßig dunkel, unten hell behaart; in Wald und Feld, seltener als die vorige.

§ 127. 4. Ordn. Edentata. Zahnarme. Zähne — wenn vorhanden — gleichartig gestaltet, schmelz- und wurzellos; Schneide- und Eckzähne fehlen fast immer; kein Zahnwechsel; hintere Brust- und Lendenwirbel durch besondere Gelenkfortsätze verbunden; Zunge langgestreckt bis wurmförmig. Magen bei den blätterfressenden Faultieren gekammert. Teils Insektenfresser (Ameisenbären), teils Pflanzenfresser (Faultiere), teils omnivor (Gürteltiere). Die Körperbedeckung besteht aus starren Haaren oder Schuppen oder reihenweis angeordneten Hautknochen. — *Megatherium*, fossil im Miocaen.

128. 5. Ordn. Effodientia. Scharrtiere. Mundöffnung eng, Zunge wurmförmig, Zähne beim erwachsenen Tiere auf 4—5 wurzel- und schmelzlose Backzähne vermindert oder sie fehlen ganz; letzte Brust- und Lendenwirbel nicht durch besondere Gelenkfortsätze verbunden; Füße mit Scharrkrallen; Haut der Schuppentiere mit dachziegelig sich deckenden Hornschuppen; Uturus zweihörnig. Die Nahrung besteht aus Ameisen und Termiten. Schuppentiere (*Manis*) und Erdferkel (*Orycteropus*).

§ 129. 6. Ordn. Carnivora. Raubtiere. Gebiß vollständig mit starken Eck- und Reißzähnen; Füße mit Krallen.

Die Schneidezähne sind klein, die starken spitzen Eckzähne sind länger als die übrigen Zähne; Prämolaren spitzig; der letzte obere Prämolar und der erste untere Molar ist ein scharfschneidender, 2—3 zackiger Reißzahn (Fig. 333, 336), die übrigen Molaren sind stumpfhöckrige Mahlzähne. Die Enden der freien Zehen vielfach mit großen scharfspitzigen Krallen bewaffnet. Das Schlüsselbein fehlt. Schädel mit Kamm auf dem Scheitel zum Ansatze der massigen Kaumuskeln; Jochbogen stark gekrümmt zum Durchtritt derselben. Das Scharniergelenk des Unterkiefers gestattet nur die Bewegung um die Querachse seiner rollenförmigen Gelenkköpfe. Uterus zweihörnig, Placenta gürtelförmig; die neugeborenen Jungen blind und hilflos. Teils Räuber oder Aasfresser, teils omnivor.

Fam. *Canidae.* Hunde. Leib schlank mit eingezogenem Bauche, Schädel gestreckt, Schnauze spitz, Nase stumpf vorstehend. Beine hoch, vorn mit fünf, hinten mit vier Zehen, deren stumpfe Krallen nicht rückziehbar sind. Zehengänger und vorzügliche Läufer, die aber nicht klettern. Zähne: $\frac{3 \cdot 1 \cdot 6}{3 \cdot 1 \cdot 7}$. Verzehren neben tierischer Beute auch Vegetabilien, selbst Aas. — *Canis vulpes* L. (= *Vulpes vulpes* L.) Fuchs. Pelz dicht, weich, fuchsrot, Wange und Kehle weiß, Brust weißlich, Bauch grau bis schwarzgrau, Ohrenaußenseite und Läufe oben schwarz; Schwanz lang, buschig, an der Spitze weiß. Auf der Schwanzwurzel eine Drüse; Pupille senkrecht, schlitzartig. Ranzzeit: Februar, März. Die Jungen sind braunschwarz mit weißer Schwanzspitze. Der Bau besteht aus einem Kessel mit mehreren Röhren. Raubt Säugetiere (Mäuse) und Vögel, frißt auch Insekten. — *Canis lupus* L. Wolf. In der Jugend ohne weiße Schwanzspitze. Pupille rund. — *Canis familiaris* L. Haushund.

Fam. *Ursidae* Bären. Plump gebaute, aber rasche, auch kletternde Sohlengänger. Beine mäßig hoch, mit nackten Sohlen, fünf Zehen, Krallen nicht rückziehbar. Kopf länglichrund, Schnauze spitz, Hals und Ohren kurz. Schwanz lang, nur bei der Gattung *Ursus* kurz und im Pelz versteckt. Gebiß $\frac{3.1.6}{3.1.6}$. Backzähne sämtlich höckerig; Reißzahn als solcher nicht besonders gestaltet. Omnivor, die einen bevorzugen vegetabilische, die anderen animalische Nahrung. — *Ursus arctos* L. Brauner Bär. Südosteuropa.

Fam. *Mustelidae*. Marder. Von gestrecktem Körper mit niedrigen Beinen und 5 zehigen Füßen, deren Sohlen ganz oder zur Hälfte aufgesetzt werden. Reißzahn klein und höckerig; die zweiten unteren Schneidezähne stehen mit den Wurzeln hinter den äußeren und mittleren. Am After Analdrüsen. Meist blutgierige Räuber.

Gattung *Mustela*. Echte Marder. Zähne $\frac{3.1.5}{3.1.6}$. Tier- und Pflanzenkost. — *Mustela martes* L. (= *Martes abietum* L.) Edelmarder, Baummarder. Brustfleck gelb. Sohlen stark behaart. Pelz sehr wertvoll. — *M. foina* L. (= Martes *fagorum* L.) Steinmarder. Brustfleck weiß. Sohlenbehaarung schwächer.

Gattung *Putorius*. Stinkmarder. Zähne $\frac{3.1.4}{3.1.6}$. Analdrüsen mit stinkendem Sekret. — *Putorius foetidus* L. (= *Foetorius putorius* L.) Iltis, Ratz. Pelz unten schwarzbraun, oben heller, Wollhaar gelblich. Lippen, Kinn, Kopfseiten weiß. — *Foetorius* (*Putorius*) *furo* L. Frettchen. Nur domestiziert bekannte Albinoform des Iltis. Zur Kaninchenjagd benutzt. — *Putorius erminea* L., Hermelin, großes Wiesel. Schwanzspitze stets schwarz. Pelz im Winter weiß, am Bauch gelb angelaufen, im Sommer oberseits braun. — *Putorius vulgaris* Briss. Kleines Wiesel. Oben braunrot, unten weiß, Schwanz kurz, braun. — *Putorius lutreola* L. (*Vison lutreola* L.) Nörz, Sumpfotter, in Deutschland wahrscheinlich ausgerottet.

Gattung *Lutra*. Wassermarder. Zähne $\frac{3.1.5}{3.1.5}$. *Lutra* (*vulgaris*) *lutra* L. Fischotter. Körper gestreckt, Kopf glatt, Schnauze stumpf. Schwanz lang, abgeplattet, zugespitzt; Schwimmhäute; Pelz kurz, dicht, glänzendbraun. Schwimmt geschickt, frißt Fische, Krebse, Wasserinsekten. Der Fischerei schädlich, jagdbar, Pelz wertvoll.

Gattung *Meles*. Erdmarder. Zähne $\frac{3.1.5}{3.1.6}$. *Meles meles* L. Dachs. Körper niedrig, gedrungen. Behaarung borstenartig, Haare grauschwarz und weiß. Bauch schwarz, Kopf schwarz und weiß längsgestreift. Vorderbeine mit starken Grabnägeln; Schwanz kurz; der Dachs frißt Mäuse, Eier, Frösche, Kröten, Insekten und deren Larven, Würmer, Knollen, Obst. Winterschlaf im Bau.

Fam. *Felidae*. Katzen. Kopf kugelig, Körper schlank, Beine mäßig hoch, kräftig mit dicken Pranken, deren Sohlen mit Ausnahme der Ballen behaart sind; vorn fünf, hinten vier Zehen; der Daumen berührt den Boden nicht; Treten mit den Zehen auf, wobei das letzte Glied durch eine besondere Sehne emporgerichtet wird, so daß die spitze Kralle in die Höhe steht, beim Ausstrecken des Fußes legt sich das Glied um, die Kralle tritt hervor; Schwanz lang, beim Gehen den Boden beinahe berührend; Gebiß mit großem Eck- und Reißzahn, hinter diesem nur oben 1 Höckerzahn $\frac{3.1.4}{3.1.3}$. Zunge mit hornigen, rückwärts gerichteten Stacheln besetzt. Ausschließlich von Wirbeltieren, zumeist Warmblütern, lebende Räuber, worunter die größten und stärksten Karniovoren. — *Felis catus* L. Wildkatze. Bräunlich-

grau, Scheitel mit 4 schwarzen Längsstrichen, die in den schwarzen Rückenstreif übergehen; in den Seiten querstreifig gefleckt. Kehlfleck gelblichweiß. Schwanz schwarz geringelt, mit breiter schwarzer Spitze (Hauskatze mit nach der Spitze sich verjüngendem Schwanze).

§ 130. 7. Ordn. Pinnipedia Flossenfüßer (Fig. 357). Mit Flossenfüßen; das zweite Paar oft wagrecht nach hinten gestreckt; fünf durch Schwimmhäute verbundene Zehen mit verkümmerten Nägeln; Rumpf spindelförmig, Hals deutlich



**Fig. 357. Poca vitulina, Seehund (aus Wossidlo).**

abgesetzt, Kopf klein, Ohrmuschel klein, oft fehlend. Eckzähne vorhanden, Backzähne unter sich gleichartig. Augen groß, rund, ohne Lider, mit Nickhaut, Nasen- und Ohrenöffnungen verschließbar. Schwanz kurz, drehrund. Haarkleid kurz und straff anliegend. Die zusammengelegten Hinterbeine bilden eine Art Schwanzflosse.

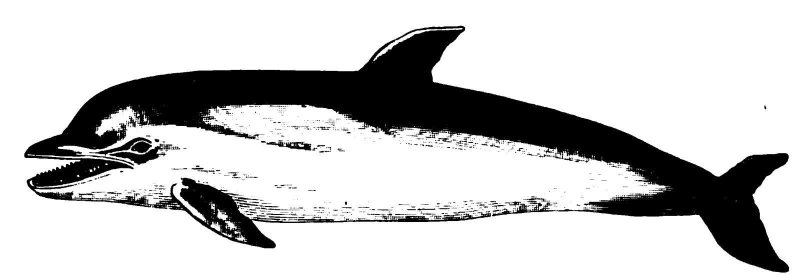


**Fig. 358. Delphinus delphis (nach Cuvier aus Claus-Grobben).**

Meeresbewohner, die nach Art der Fische mit dem Hinterende des Körpers schwimmen. Nahrung aus Fischen, Krebsen, Mollusken, Seetang bestehend. Robben, Seehunde (*Phoca*), Seelöwen (*Otaria*), Walroß (*Rosmarus*).

§ 131. 8. Ordn. Cetacea. Wale (Fig. 358). Fischähnliche nackte Wassersäugetiere ohne äußerlich abgesetzten Hals, mit spindelförmigem Rumpf; vordere Gliedmaßen äußerlich ungegliederte kurze Flossen, deren Skelett aus verkürzten, unbeweglich verbundenen Arm- und Handknochen besteht, unter Vermehrung der Zahl der Finger und Fingerglieder; von den äußerlich verschwundenen Hintergliedmaßen sind nur innere Skelettreste geblieben; Schwanzende zu einer horizontalen Hautflosse verbreitert; auf dem Rücken häufig eine Fettflosse. Ohrmuscheln fehlen. Augen sehr klein. Schädel häufig asymmetrisch entwickelt (Narwal); Halswirbel verkürzt, mehr oder weniger miteinander verwachsen; Schlüsselbein fehlt. Gebiß entweder durch zahlreiche, gleichmäßig geformte Kegelzähne gebildet

(Zahnwale) oder geschwunden (Bartenwale) und durch hornige querstehende Gaumenplatten (Barten) ersetzt, die aus dem eingeschluckten Wasser die tierischen Bestandteile abfiltrieren (Fig. 359). Meerestiere. — *Delphinidae*. Zahnwale. Fressen Fische und Kopffüßer. — *Phocaena communis* Less. Tümmler. Europäische Meere, geht auch in Flüsse. — *Mysticete*, Bartenwale, verzehren kleine schwimmende Wirbellose. — *Balaena mysticetus* L. Grönlandwal.

§ 132. 9. Ordn. Ungulata. Huftiere. Mit Hufen an den verbreiterten Endgliedern der Extremitäten.

Die Huftiere sind Zehengänger, deren letztes Zehenglied durch einen breiten Nagel (Halbhuf) oder einen vollständigen Hornschuh, den Huf, geschützt wird. Die Zahl der Zehen schwankt zwischen fünf und eins. Der stets mit der Innenzehe beginnende Schwund wird von Verschmelzungen der Mittelhand- und Mittelfußknochen bei gleichzeitiger Verlängerung derselben begleitet (Fig. 362). Vielfach verschmilzt auch die Elle mit der Speiche und das Wadenbein mit dem Schienbein. Durch weitgehende Verkleinerung der Berührungsfläche zwischen Fuß und Erdboden und Verminderung der Knochenteile der Gliedmaßen wird die große Beweglichkeit der Gliedmaßen und die Geschwindigkeit vieler Arten bedingt. Schlüsselbeine fehlen. Schneide- und Eckzähne können fehlen. Die Molaren sind wurzellose Backzähne mit querhöckriger bis querfaltiger Kaufläche, die sich andauernd abnutzt. Das Kiefergelenk gestattet auch seitliche Bewegungen des Unterkiefers, welche die Backzähne wie Mühlsteine aufeinander reiben lassen. Dementsprechend sind die Kieferknochen gestreckt und die Reihe der Molaren ist groß. Ihre Nahrung besteht fast ausschließlich aus Pflanzenkost.

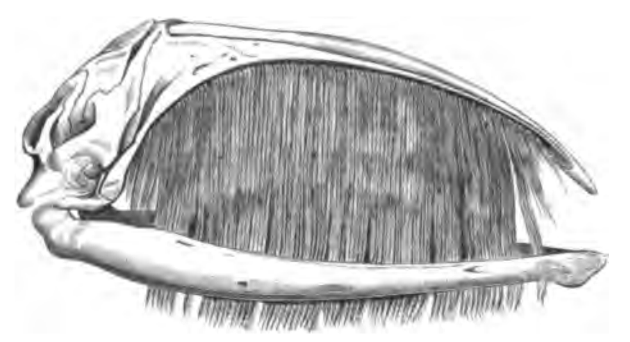


**Fig. 359. Schädel des Grönlandwals mit den Barten (nach Cuvier aus Claus-Grobben).**

§ 133. 1. Unterordn. Perissodactyla. Unpaarhufer. Die Zahl der Zehen ist unpaar, nur bei den Tapiren (Fam. *Tapiridae*) haben sich am Vorderbein vier Zehen erhalten. Die stützende Hauptachse jedes Beines fällt in die 3. Zehe. Diese ist stärker entwickelt als die anderen; die 2. und 4. Zehe bleiben klein oder verschwinden bis auf Reste (Griffelbeine) am Mittelhand- und Mittelfußknochen (Pferde, Fig. 59). Schlüsselbein fehlt, Magen einfach. Gebiß vollständig bezahnt, doch kann der Eckzahn fehlen. Pflanzenfresser.

Fam. *Rhinocerontidae*. Nashörner. Haut dick, fast nackt. 3 Zehen. Mit 1 oder 2 hintereinander stehenden Epidermoidalhörnern auf dem Nasenrücken. Südasien, Afrika.

Fam. *Equidae*. Pferde. Zähne $\frac{3 \cdot 1 \cdot 6}{3 \cdot 1 \cdot 6}$. Sie zerfallen in: Pferde mit „Kastanien" an der Innenseite der Hand und Fußwurzel. Schwanz von der Basis an lang behaart, Stimme wiehernd. — *Equus caballus* L. Pferd. — Esel. Kastanien nur an den Vorderbeinen. Schwanz nur an der Spitze lang behaart. Stimme schreiend. — *Equus asinus* L. Esel. — *Equus zebra* L. — Bastarde zwischen Pferd und Esel sind Maulesel und Maultier.

§ 134. 2. Unterordn. Artiodactyla. Paarhufer. Die stützende Hauptachse des Beines fällt zwischen die 3. und 4. Zehe, die dementsprechend ein Paar von gleichmäßiger Stärke bilden, während die beiden Außenzehen (2. und 5.) klein bleiben, nach hinten und in die Höhe rücken, so daß sie gewöhnlich den Boden nicht erreichen (Flußpferde ausgenommen), oder ganz fehlen können (Giraffe), die erste Zehe fehlt immer: demnach sind die vorhandenen Zehen immer paarig. Die Metacarpalia und -tarsalia der 3. und 4. Zehe strecken sich in die Länge und bleiben je nach dem Grade des Ueberwiegens jener Zehen getrennt oder verschmelzen zu einem einfachen Laufknochen, so bei den Wiederkäuern. Selten nur (Schweine) bleiben alle Zahngattungen erhalten, sonst schwinden vielfach im Oberkiefer die Schneidezähne — dies vollständig bei den meisten Wiederkäuern — und teilweise oder gänzlich die Eckzähne, die gelegentlich wurzellos sind; meistens kommen drei Prämolaren und drei Molaren zur Ausbildung.

§ 135. 1. Ueberfam. Nonruminantia. Nicht wiederkäuende Paarzeher. Bezahnung vollständig; Backenzähne mit 4 hohen und einigen niedrigen Höckern, 3. und 4. Mittelfußknochen nicht verschmolzen. Magen einfach. Augen klein; Hörner fehlen.

Fam. *Hippopotamidae.* Flußpferde. Die unteren Schneide- und Eckzähne wurzellos (Elfenbein). Vorn und hinten 4 Zehen, die den Boden berühren, mit Schwimmhäuten. — *Hippopotamus amphibius* L. Nilpferd.

Fam. *Suidae.* Schweine. Kopf zugespitzt, Schnauze rüsselartig, auf der abgestutzten Vorderfläche die Nasenlöcher; Beine niedrig, dünn, nur die beiden mittleren Zehen berühren den Boden, die Außenzehen zu Afterhufen verkürzt; Schwanz dünn, oft gedreht; mit dichtem Borstenkleid, das auf dem Rückgrat in einen Borstenkamm verlängert zu sein pflegt. Schneidezähne schief nach vorn gerichtet, Eckzähne wurzellos, die oberen nach außen über die Lippen hinweg nach oben gekrümmt, die unteren ebenfalls nach außen gewachsen und rückwärts gekrümmt, beim ♂ bedeutend stärker entwickelt; zwischen Eckzähnen und Prämolaren im Unterkiefer eine Lücke. Formel $\frac{3 \cdot 1 \cdot 7}{3 \cdot 1 \cdot 7}$. Omnivore, die sich ihre Nahrung mit dem Rüssel aus dem Boden wühlen; gesellig und von starker Vermehrung: bis 12 Junge in einem Wurfe. — *Sus scrofa* L. Wildschwein. Borsten schwarzbraun, gelb durchlaufen, Haare braungrau. Rückenborsten lang. Rauschzeit: November, Dezember; Frischlinge (April, Mai), braungelb mit schwarzbraunen Längsstreifen. Die Sauen brechen nach Feldfrüchten, Bucheln, Schwämmen, Insekten, Mäusen. — *Sus scrofa domestica.* Hausschwein.

§ 136. 2. Ueberfam. *Ruminantia.* Wiederkäuer. Drittes und viertes Metacarpale und Metatarsale zu je einem unpaaren Laufknochen verschmolzen; die Ulna verwächst mit dem Radius, und die Fibula wird zu einem Stummel am unteren Ende des Schienbeins. Im Oberkiefer fehlen — die Kamele ausgenommen — alle Schneidezähne und oft auch die Eckzähne; unten ist zwischen den schaufelförmigen Schneide- und den Backzähnen eine weite Lücke; der untere Eckzahn ist schneidezahnartig ausgebildet. Augen und Schläfenhöhle sind durch einen ringförmig geschlossenen Fortsatz des Jochbeins geschieden. Auf Fortsätzen des Stirnbeins erheben sich sehr oft paarige Hörner oder Geweihe. In der Herzscheidewand treten Verknöcherungen, sog. Herzknochen, auf. Zunge ziemlich lang, mit spitzen, hornigen Warzen besetzt; dient als Greiforgan. Magen drei- oder vierteilig. Die in großen Mengen abgerupfte und flüchtig gekaute Nahrung wird in eine besondere weite, sackförmige und auf der Innenfläche mit Hornwärzchen dicht besetzte Abteilung

des Magens, den Pansen oder Wanst (Fig. 360), geleitet und zu größeren Mengen angesammelt; dann tritt sie aus dem Pansen in den benachbarten, viel kleineren Netzmagen (Haube) mit netzartig gefalteter Innenwand über, wo Drüsensäfte auf sie einwirken. Darauf erfolgt das Wiederkäuen, indem kleine Nahrungsballen aus dem Netzmagen wieder in die Mundhöhle gewürgt werden, um nochmals gründlich durchgekaut und eingespeichelt zu werden. Die hierdurch in Speisebrei umgewandelte Nahrung wird wieder verschluckt und gelangt an dem nun durch eine Klappe geschlossenen Pansen vorbei — durch zwei zu einer Rinne vereinigte Längsfalten der Haube geleitet — in die 3. Magenabteilung, den Blättermagen (Psalter), dessen Innenfläche durch vorspringende Lamellen ausgezeichnet ist, und endlich in die 4., den längsgefalteten Labmagen, wo zahlreiche Labdrüsen den eigentlichen Magensaft absondern. Flüssigkeiten treten beim Trinken sofort in den Labmagen. Bei den Tylopoden ist der Blättermagen nicht ausgebildet. Die Wiederkäuer sind gesellige Tiere; die Weibchen werfen zumeist nur ein Junges, das sehr bald nach der Geburt der Mutter folgen kann.

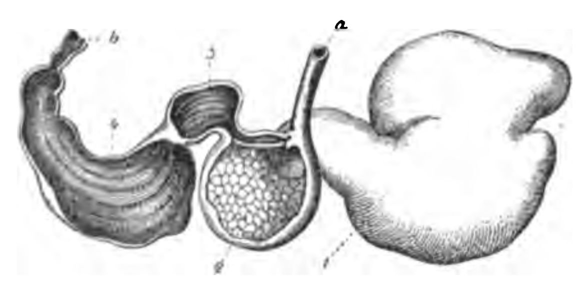


Fig. 360. Magen des Schafes; a unteres Ende der Speiseröhre, b Anfang des Zwölffingerdarmes; 1 Pansen, 2 Netzmagen, 3 Blättermagen, 4 Labmagen; 2, 3, 4 sind aufgeschnitten (aus Leunis).

Fam. *Tylopoda*. Geweih- und hornlos, ohne Afterzehen. Hufe nagelartig, Sohle schwielig. — *Camelus bactrianus* L. Zweihöckeriges Kamel, Trampeltier. Asien. — *C. dromedarius* L. Dromedar, einhöckeriges Kamel. Asien, Afrika, nur domestiziert. — *Auchenia vicugna* Mol., *Auchenia lama* Desm. Anden.

§ 137. Fam. *Bovidae* [*Cavicornia*]. Hohlhörner. Am vorderen Laufknochen sitzen proximale Reste des 2. und 5. Metacarpale, von den zugehörigen (After-)Zehen ist das 3. Glied unvollkommen; die Hufsohle füllt die Unterseite des Hufes ganz aus und steht hinten wulstig vor. An den Hinterbeinen keine Haarwülste. Obere Schneidezähne fehlen; der untere Eckzahn den Schneidezähnen ähnlich und genähert, der obere fehlt: $\frac{0 . 0 . 6}{3 . 1 . 6}$. In der Regel kommen beiden Geschlechtern hohle Hörner zu, die einen knöchernen kegelförmigen, oft innen hohlen Fortsatz des Stirnbeines scheidenartig umfassen und sich bei andauerndem Nachwachsen vom Grunde aus während des ganzen Lebens erhalten.

1. Unterfam. *Bovinae*. Rinder. Von großem, gedrungenem Körper mit kurzen stämmigen Beinen, gerundeten Hufen; Klauendrüsen fehlen, Schwanz lang; Nasenkuppe (Muffel, Flotzmaul) breit und nackt, reich an Schleimdrüsen; am Augenwinkel keine Tränengrube. Hörner nach außen gebogen, wenigstens an der glatten Spitze drehrund, ihre Basis geringelt. — *Bos taurus* L. Hausrind. — *Bos primigenius* Bojan. Auerochs. Ausgestorben. — *Bison bonasus* L., Wisent, Bialowicza, Pless und Kaukasus. — *Bison americanus* Gm., Nordamerika, fast ausgerottet. — *Bubalus bubalus* L., Hausrind Indiens und der Mittelmeerländer.

2. Unterfam. *Ovinae*. Schafe. Von kleinerem Wuchse; Kopf verschmälert mit behaarter Nasenkuppe, Hörner nach hinten gebogen mit zusammengedrückter Basis und quergerunzelt; bald mit, bald ohne Tränengruben und Klauendrüsen; Haarkleid vielfach sehr lang, am Kinn oft bartähnlich verlängert. Sämtlich Bergbewohner, die gewandt an Felsen klettern. — Gattung *Ovis*. Schafe. Hörner sichel-

oder schraubenförmig nach unten gewunden. — *Ovis aries* L. Hausschaf. — *Ovis musimon* Schreb., Muflon. Sardinien, Korsika. In Oesterreich und Deutschland mehrfach als Jagdtier erfolgreich eingeführt. — *Capra ibex* L. Alpensteinbock. Hörner vorn breit mit starken Auerwülsten. Savoyen. — *Capra hircus* L. Hausziege. Hörner vorn gekielt.

3. Unterfam. *Antilopinae.* Antilopen. Gestalt schlank und zierlich mit dünnen, hohen Beinen, oder plump, rinderähnlich. Schnauze zugespitzt, mit nackter

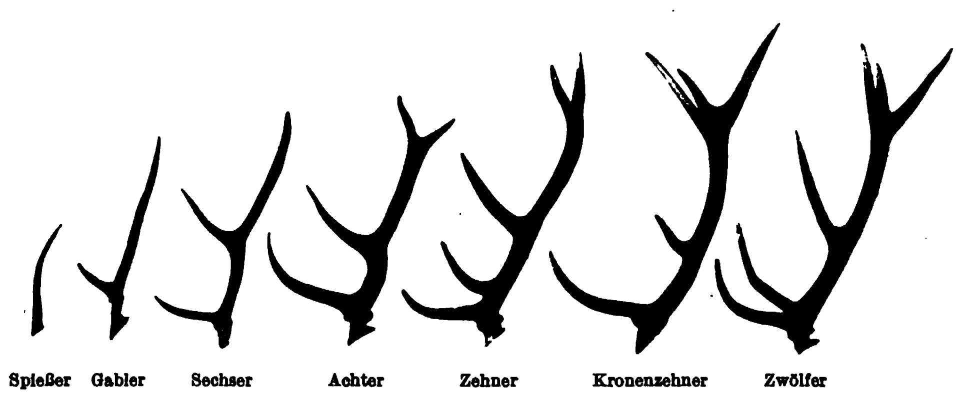



**Fig. 361. Die Geweihstufen des Rotwildes.**

oder behaarter Nasenkuppe; Tränengruben vorhanden oder fehlend; mit Klauendrüsen; Haare glatt anliegend; Hörner sehr verschiedenartig gestaltet. In Steppen Afrikas und Asiens. — *Rupicapra rupicapra* L. Gemse. Hörner schwarz, beim ♂ stärker und hakiger gebogen als beim ♀. Südeuropäische Hochgebirge.

4. Unterfam. *Antilocapridae.* Gabelgemsen. Werfen die Hornscheide jährlich ab. — *Antilocapra americana* Ord.

§ 138. Fam. *Cervidae.* Hirsche. Schlanke, flüchtige Wiederkäuer mit dünnen Beinen. Vom 2. und 5. Metacarpalknochen sind proximale oder distale Reste vorhanden (Fig. 362), ihre zugehörigen Zehen haben ein vollständiges 3. Glied; die Afterhufe sind klein, sitzen hoch und zwar hinten höher als vorn, und berühren den Boden nicht. An den kleinen und schmalen Hufen tritt der äußere Rand scharf hervor, so daß die Sohle etwas vertieft ist; der hintere Teil der letzteren ist als Ballen etwas aufgetrieben (Fig. 363, 364). Außer den stets vorhandenen Klauendrüsen meistens noch Drüsen an der Fußwurzel und dem Lauf der Hinterbeine, wo sie durch Haarbürsten gekennzeichnet sind. Schnauze zugespitzt mit größtenteils behaarter Nasenkuppe; deutliche, weit nach vorn reichende Tränengruben, in denen ein schmieriges Drüsensekret (Hirschbezoar) erzeugt wird. Tränenbein um die vordere Hälfte verkürzt, berührt das Nasenbein nicht; infolgedessen besteht zwischen Nasenbein, Stirnbein, Oberkiefer und Tränenbein eine nur durch Bindegewebe geschlossene Lücke. Stirnbein mit Rinne zur Tränengrube. Zähne $\frac{0 \,.\, (1) \,.\, 6}{3 \,.\, 1 \,.\, 6}$. Die Geweihe sind massive Knochen, welche kurzen, zwischen den Ohren stehenden Stirnbeinzapfen mit flacher Basis aufsitzen. Ihrer Entstehung nach sind die Geweihe Auswüchse, Apophysen, der Stirnbeine, die sich und mit ihnen ihre behaarte Haut immer mehr in die Höhe strecken. Das Wachstum des Geweihkolbens ist ein Spitzenwachstum. Ein Dickenwachstum der einzelnen Geweihteile nach

ihrer ersten Erzeugung aus weichem plastischen präossealem Bindegewebe findet nicht statt. Die äußere Schicht dieses Bindegewebes, Periostschicht, enthält Blutgefäße, welche für das Geweih selbst als auch für die dasselbe überdeckende Körperhaut die Nahrung zuführen. Die Außenschichten des Geweihes wachsen stärker als dessen Innenschichten, hierauf beruht die Verzweigung und allmähliche kegelförmige Verjüngung. Neben der Tätigkeit des Periostes spielt der Verlauf und das Wachstum der Blutgefäße des Geweihes eine große, bei den einzelnen Hirscharten verschiedene Rolle, welche zur Ausbildung der für diese charakteristischen Geweihformen führt. Diese Charakteristik wird gefunden in der Form der Stange selbst sowie in der Zahl und Ausbildung ihrer Verzweigungen, der Sprossen. Mit jeder Verzweigung ist eine Knickung der Stange verbunden. Nach derselben zeigt sie eine kompensatorische Krümmung in der Richtung der abgezweigten Sprosse. Zwischen dieser und der Stange bildet sich im Winkel eine Verbindungslamelle, welche bei weitgehender Ausbildung zur Schaufel führt. Gegen Ende der Wachstumsperiode des Geweihes veröden die zuführenden Gefäße, das Periost stirbt ab und mit ihm die Oberhaut. Beide werden durch Fegen beseitigt. In diesem Zustande kann sich aber der Geweihknochen nicht auf die Dauer erhalten, er stirbt daher völlig ab und löst sich an der Grenze zwischen dem überlebenden und dem abgestorbenen Knochengewebe, also da los, wo die Körperhaut an der Apophysenbasis ihr Ende erreicht; dieses Abfallen wird durch Auflösung der Knochenmasse in einer ringförmigen Einschnürung, Demarkationslinie, eingeleitet. Nach dem Abwerfen der Stange überwächst die Haut, welche den stehengebliebenen Rest des Stirnzapfens, Rosenstock genannt, außen bekleidet, den oberen Rand desselben, die Wundfläche überwallt und die Knochenhaut des Rosenstocks beginnt alsbald einen neuen Geweihzapfen zu erzeugen. Zur Vollendung gelangt in jedem Jahr das Geweih spätestens vor Anfang der Paarungszeit (Brunft), während der es als Angriffs- und Verteidigungswaffe im Kampfe mit anderen männlichen Hirschen benutzt wird. An einem fertigen Geweih (Fig. 360) unterscheidet man zunächst die Stange, der eine für die einzelnen Gattungen und Arten bezeichnende Richtung und Form zukommt, und die von dieser abgezweigten Enden; häufig ist die Basis der Stange unmittelbar über dem Rosenstock mehr oder weniger als Rose verdickt. Als erste Stufe erscheint stets die einfache, ungeteilte Stange („Spieß"). Bei der ersten Erneuerung zweigt sich an der Vorderseite mehrsprossiger Geweihe ein Ende, die Augensprosse, ab. Das dritte Geweih hat außer der Augensprosse eine über dieser sitzende Mittelsprosse. Auf den höheren Geweihstufen machen sich die artlichen Eigentümlichkeiten in der Geweihbildung stark bemerkbar. Die Geweihe mancher Arten, z. B. Damhirsch, treiben oberhalb der Mittelsprosse keine weiteren Sprossen von gesetzmäßiger Lage und Form, sondern die Spitze der Stange verbreitert sich in eine Schaufel, deren Rand in Enden ausgezackt ist, doch hat die Zahl dieser Schaufelenden, wiewohl sie mit dem Alter des betreffenden Hirsches wächst, in ihrer Vermehrung keine eigentliche Regel. Ferner scheinen Geweihe mit einzelnen nach hinten gekehrten Sprossen und Schaufelenden (Ren, Damhirsch) in der Mitte der Stange während des Wachstums eine Drehung zu erfahren, wodurch die ursprüngliche Vorderseite der Stange in ihrer oberen Hälfte mitsamt den zugehörigen Enden rückwärts gewendet wird. Nahe Beziehungen zwischen Geweih und männlichen Genitalien verraten sich darin, daß Mißbildungen und Verletzungen der letzteren Bildungsstörungen des Kopfschmuckes nach sich ziehen. Kastrierte Rehe tragen Perückengehörne. Verletzungen der hinteren Extremitäten haben eine ungewöhnliche Ausbildung des Geweihes zur Folge, und zwar stets in diagonaler Richtung derart, daß



eine Verletzung des linken Hinterlaufes die Ausbildung der rechten Stange mehr oder weniger beeinflußt. Das Rentier ausgenommen besitzt normalerweise nur der männliche Hirsch ein Geweih; wenn auch dieser geweihlos ist (Moschustier), treten lange wurzellose obere Eckzähne als Waffe an die Stelle.

Die Hirsche sind meist gesellige, vielfach in größere Rudel zusammentretende Tiere, die teils dem Walde, teils offenen Grasebenen angehören und im Gebirge bis in den alpinen Gürtel hinaufgehen. Ihre Vermehrung ist fast immer auf 1—2 Junge beschränkt.

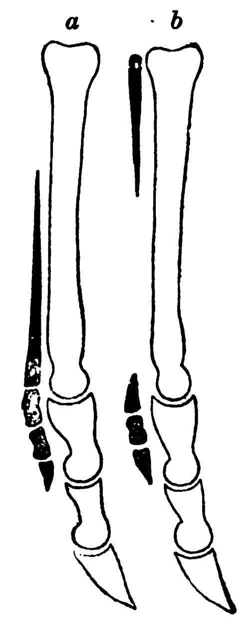



Fig. 362. Die Knochen der Mittelhand und Finger a eines telemetakarpen, b eines plesiometakarpen Hirsches, von der Seite gesehen (aus Eckstein).



Fig. 363. Linker Vorderauf des Rotwildes von unten, $^1/_3$ nat. Gr. (aus Eckstein).



Fig. 364. Schalen des Elches, $^1/_3$ nat. Gr. (aus Eckstein).

A. Plesiometacarpe Hirsche. Nur die oberen Enden des 2. und 5. Mittelhandknochens sind erhalten, so daß die Phalangen der Afterzehen nicht mit jenen in Verbindung stehen (Fig. 362 b). Die Hufe sind kurzballig, d. h. der Ballen ist vorn abgestutzt (Fig. 363); Klauendrüse wenig entwickelt. Plesiometacarp sind alle altweltliche Formen mit Ausnahme des Rehes sowie der aus der alten Welt nach Amerika übergewanderte Wapiti.

*Cervus elaphus* L. Edelhirsch, Rotwild. Schwanz halb so lang wie das Ohr, im Oberkiefer mit Eckzahn. ♂ mit starkem, bis zur Spitze drehrundem Geweih. Die 5. Geweihstufe (Zehnender) entsteht dadurch, daß entweder zwischen Augensprosse und Mittelsprosse die Eissprosse auftritt (ohne gleichzeitige Knickung der Stange), oder daß die Stange sich oben dreiteilig gabelt, eine Krone bildet (Kronenzehner). Auf der 6. Stufe ist der Hirsch Zwölfender, wenn das Geweih eine Eissprosse und eine dreiteilige Krone aufweist, oder wenn ohne Eissprosse die Krone doppelgabelig wird. Häufig tritt an einer Stange ein Ende mehr auf als an der anderen (ungerade). Die Grundform des Geweihes ist in einzelnen Gegenden typisch: Ostpreußische (Küsten)hirsche tragen alle Enden nach innen gerichtet, die rheinischen alle Enden nach oben. Der Hals ist schlank, beim ♂ unterseits länger behaart.

Das Einzelhaar ist in der unteren Hälfte starkwellig weißgrau, oben braun und schwarz, nicht gewellt, glatt und an der Spitze rasch verjüngt. Die Zellen der Rindenschicht sind durch besondere Lagerung gekennzeichnet, die eine Unterscheidung von Reh- und Rotwildhaaren leicht macht. Gesamtfärbung braun, im Sommer rötlich,



Becken des weiblichen Rehes von innen.



Becken des Bockes von innen.



Becken des weiblichen Rehes von der Bauchseite



Becken des Bockes von der Bauchseite.

Fig. 365.

im Winter graubraun. Schwanzgegend mit hellem Spiegel, auch in der Färbung lassen sich wie nach der Geweihbildung Rassen unterscheiden: oft ist die Oberlippe weiß gerandet, das Kinn ist weiß oder gelbgrau, der Rücken rotbraun oder gelbgrau, der „Spiegel“ satt gelbbraun oder hellbraun und kann von der Rückenfärbung durch eine

dunkle Binde getrennt sein. Jugendkleid weiß gefleckt. Der Kopf ist lang mit gerader Nase und flacher Stirn oder kurz mit gebogener Nase und steiler Stirn. Das Geweih wird von Ende Juli ab gefegt, abgeworfen im März; Brunftzeit September, Oktober. Setzzeit Juni. Der Zahnwechsel ist im Oktober des dritten Lebensjahres vollendet. Das Rotwild fegt, schält und verbeißt.

*Cervus canadensis* Erxl. Wapiti. Dem Rothirsch ähnlich, aber stärker. Die auf der fünften Geweihstufe auftretende obere Sprosse ist wie alle anderen nach vorn gerichtet, es kommt nie zur Bildung einer Krone.

*Cervus dama* L. Schwanz länger als die Hälfte des Ohres. Ohne obere Eckzähne. Geweih an der Wurzel drehrund, gegen das Ende schaufelförmig. Augen- und Mittelsprosse nach vorn, die Enden der Schaufel nach hinten gerichtet. In Jugend und Alter weiß gefleckt. Heimat: Mittelmeerländer.

B. Telemetacarpe Hirsche. Nur die unteren Enden der Metacarpalia 2 und 5 sind erhalten als lange schmale Knochen, denen die Phalangen der Afterzehen an den Vorderbeinen angelenkt sind (Fig. 362 a). An den langballigen Hufen ist der Ballen auf der Sohle bis gegen deren Spitze hin verlängert (Fig. 364); die Klauendrüse ist stark ausgebildet. Telemetacarp sind alle neuweltlichen Hirsche ausschließlich des Wapiti, die circumpolaren Ren und Elch sowie Reh, Moschustier u. a.

*Cervus capreolus* L. Reh. Schwanz verkümmert. Obere Eckzähne treten ab und zu auf. Färbung im Sommer rötlich, im Winter graubraun. Schwarze Rehe in manchen Gegenden; Spiegel weiß, seine Haare werden bei der Flucht gesträubt, Haar an der Basis weniger stark wellig als beim Rotwild, Spitze sehr lang, fein, ausgezogen. Das Geweih durchläuft die Stufen: Knopfspieße (Knöpfchen oder Spieße ohne Rose), Spieße (mit Rosen), Gabler, Sechser; selten kommt es zur Bildung einer weiteren Sprosse. Die Knopfspieße können noch im dritten Lebensjahr getragen werden, das Sechsergeweih kann schon im ersten Lebensjahr entwickelt sein. Je nach der Länge und dem Abfall der Stirnbeine, der Stellung der Stirnbeinzapfen und der Gestalt des Gehörns lassen sich Rassen unterscheiden. Perückengehörne entstehen infolge von Verletzungen der Hoden. Zwitter sind nicht sehr selten. Gehörnte Ricken können Zwitter oder alte sterile Individuen sein. Das Alter läßt sich nach dem Zahnwechsel genau bestimmen. Ende Dezember des ersten Kalenderjahres hat das Reh noch nicht den 6. Backenzahn und höchstens die beiden mittelsten Schneidezähne gewechselt. Unterschiede von Bock und Ricke (Geiß) sind an den Beckenknochen sehr deutlich (Fig. 365). Setzzeit Mai, Juni (äußerste Daten: Anfang März bis 10. November). Blattzeit: Juli, August; der Bock treibt auch im Dezember. Das Ei ruht vom Juli bis Dezember, ohne in der Embryonalentwicklung Fortschritte zu machen. Neben Polydactylie tritt auch Oligodactylie nicht selten auf. Das Reh ist nicht mehr ausschließlich Waldbewohner, sondern hält sich auch Zeit seines Lebens in ausgedehnten waldlosen Gebieten auf. Das Reh verbeißt und fegt; es soll neuerdings vereinzelt auch schälen.

*Alces alces* L. Elch. Oberlippe behaart, in der Mitte mit nackter Schwiele. Schneidezähne von gleicher Breite, die mittleren nicht auffallend verbreitert. Kehle mit langem Bart. Geweih entweder ein echtes Stangengeweih oder ein Schaufelgeweih. Letzeres bei europäischen Elchen von etwa kreisrunder Form in kleine Vorder- und große Hinterschaufel zerfallend, bei kanadischen Elchen 3—4 mal so lang als breit. Ostpreußen.

*Rangifer tarandus* L. Ren. Geweih bei Männchen und Weibchen; circumpolares Haustier.

§ 139. 10. Ordn. Sirenia. Seekühe. Plumpe Wassersäugetiere von Gestalt der Wale, mit flossenförmigen, im Ellenbogengelenk beweglichen Vordergliedmaßen; an Stelle der fehlenden Hintergliedmaßen ist das Schwanzende in eine wagrechte Hautflosse verbreitert; Haut dick und spärlich beborstet; Gebiß auf die Backzähne beschränkt oder ganz ausgefallen; Zitzen brustständig. Die nach dem inneren Bau sich an die Huftiere anschließenden Seekühe sind pflanzenfressende Bewohner seichter Küstenmeere und der Flußmündungen, gelegentlich steigen sie aufs Ufer. Jetzt nur noch in den Tropen. — *Halicore dugong* Quoi. Seejungfer. Indischer Ozean.

§ 140. 11. Ordn. Primates. Vierhänder. An Vorder- und Hintergliedmaßen fünf Finger, deren erster den andern als Daumen gegenübergestellt werden kann, meistens mit platten Nägeln; Augenhöhlen nach vorn gerichtet; im Gebiß alle Zahngattungen.

1. Unterordn. Prosimiae. Halbaffen. Kopf gestreckt, Gesicht bis auf die Nasenspitze behaart, Gebiß dem der Insektenfresser ähnlich; Augenhöhlen vollständig umrandet, aber mit der Schläfengrube in Verbindung; Unterkieferhälften nicht verwachsen; Vorder- und Hinterbeine mit opponierbarem Daumen; Pelz weich, zart; Uterus zweihörnig; außer den Brustzitzen gelegentlich noch welche am Bauche. Baumtiere von der Größe der Maus bis zu jener der Katze, die bei nächtlicher Lebensweise sich von Früchten, Insekten und kleinen Wirbeltieren nähren. Heimat: Südasien, Afrika, Madagaskar. — *Lemur mongoz* L. Maki.

2. Unterordn. Simiae. Affen. Vorder- und Hinterbeine mit opponierbaren Daumen (Händen), doch werden beide Paare zum Gehen benutzt; Speiche um die Elle drehbar; Unterkieferäste verschmolzen. Zähne vollständig und in fast lückenlose Reihe gestellt. Uterus stets einfach; nur ein paar Brustzitzen. Meistens gesellige omnivore Waldtiere.

*Platyrhina.* Plattnasen. Affen der neuen Welt, Westaffen. Nasenlöcher öffnen sich nach der Seite, meist langschwänzig. — *Alouata seniculus* L. Brüllaffe.

*Catarrhina.* Schmalnasen, Affen der alten Welt, Ostaffen. Nasenlöcher öffnen sich nach vorn. Schwanzlos oder kurz geschwänzt.

Fam. *Ceropithecidae.* Sternum schmal, mit Gesäßschwielen und Backentaschen. — *Papio maimon* L. Mandrill, Westafrika.

Fam. *Anthropomorphae.* Sternum breit; ohne Gesäßschwielen schwanzlos. — *Pongo pygmaeus* L. (*Simia satyrus* L.) Orang-Utang. Borneo. — *Simia satyrus* L. Schimpanse. Zentralafrika. — *Gorilla gorilla* Wym. Westafrika. Die anthropomorphen Affen sind, wie die Serumforschung nachgewiesen hat, dem Menschen blutsverwandt, nicht aber den übrigen Affen.

3. Unterordn. Bimana. Zweihänder.

Nur die vordere Extremität zum Greifen eingerichtet; die hintere zu Gehfüßen umgebildet, deren Daumen nicht entgegengestellt werden kann, und auf deren Sohle beim Gehen der aufrecht gehaltene Körper ruht. — *Homo sapiens* L. Mensch. Die ältesten menschlichen Skelettreste sind bei Le Moustier in Südwestfrankreich gefunden, zeigen Merkmale des Affen: große Augenhöhlen, breite Nasenöffnung, gewaltige Unterkieferknochen. Diese Eiszeitjäger begruben vor 400 000 Jahren ihre Toten und setzten Beigaben ins Grab. Weit älter ist der bei Heidelberg gefundene Unterkiefer, der sämtliche Merkmale des Affenkiefers, aber dazu die Zähne eines Menschen besitzt (Affenmensch). Vgl. Abschnitt „Verwandtschaft und System“.

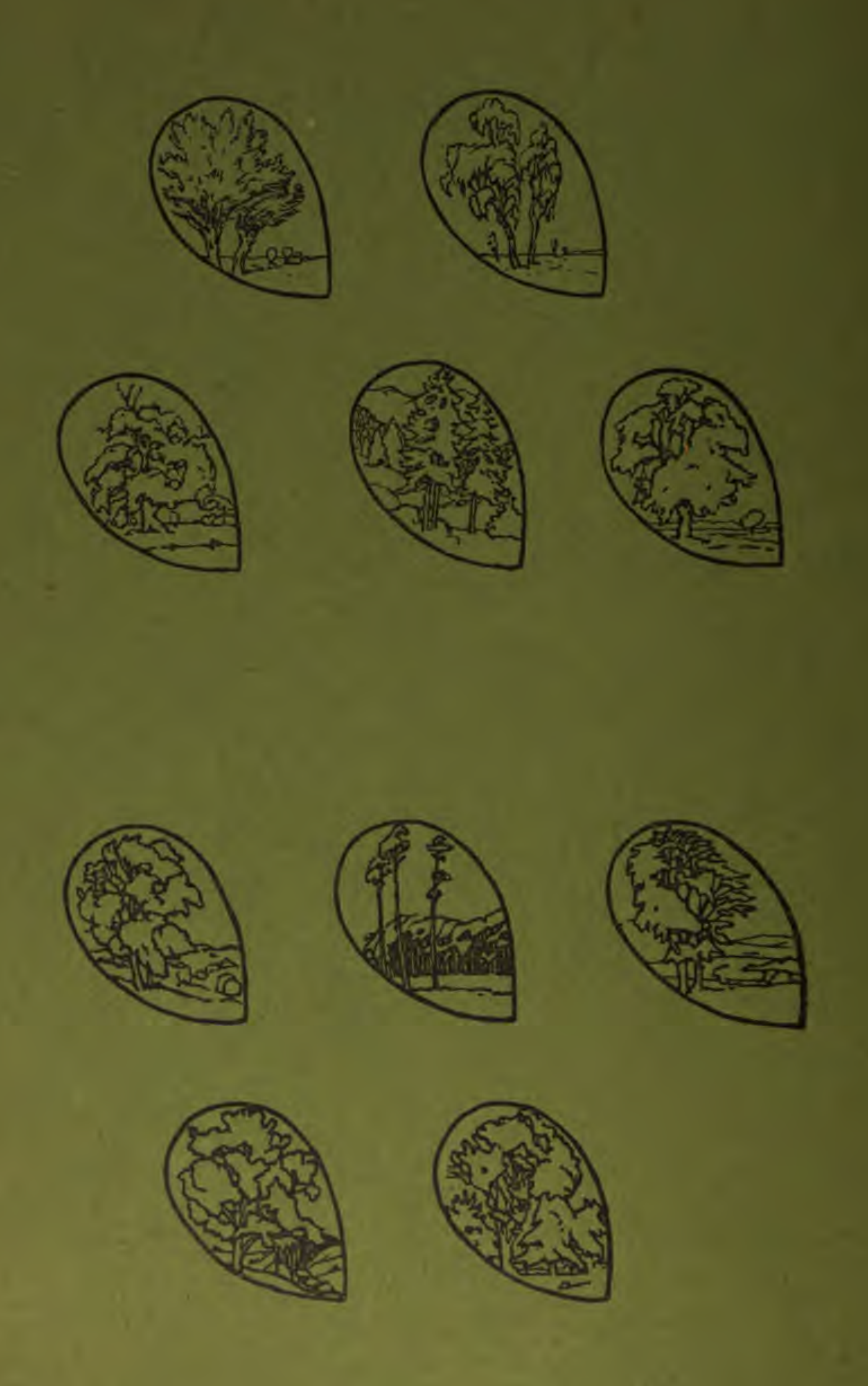
---

# Sachregister zu Abschnitt I bis V.

Die Zahlen bezeichnen die Seiten.


Digitized by Google






UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06855 5252









